CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE DE L'INDUSTRIE CANADIENNE DE L'ALUMINIUM

Phototèque CQRDA

Une initiative de

Gouvernement du Canada
Government of Canada

RÉSEAU TRANS-Al

AVANT-PROPOS

L'industrie canadienne de l'aluminium entre dans une période de croissance qui promet d'importantes retombées économiques aux entreprises, centres de recherche et institutions capables de déterminer les marchés d'avenir et d'en saisir les enjeux technologiques.

À l'heure actuelle, **l'industrie canadienne de l'aluminium occupe une position enviable sur la scène internationale**. Dans le contexte de la mondialisation, elle fait face à une concurrence de plus en plus forte et doit, pour répondre adéquatement aux défis du marché, poser des choix éclairés en matière de stratégie technologique.

Une suite d'événements récents sont à la source d'une forte volonté de mieux positionner et de consolider l'industrie canadienne de l'aluminium sur l'échiquier mondial. C'est en regard de cet objectif d'avenir que le Conseil national de recherches du Canada, Développement économique Canada, Industrie Canada et le Réseau Trans-Al inc. se sont associés, en collaboration avec le cabinet conseil Samson Bélair/ Deloitte & Touche, pour faire l'élaboration de la première édition de la Carte routière technologique (CRT) de l'industrie canadienne de l'aluminium.

Cette Carte routière technologique, **élaborée conjointement avec les intervenants clés de l'industrie** de la production de l'aluminium, de la transformation primaire et secondaire de l'aluminium, les équipementiers, ainsi que des universités et centres de recherche canadiens, constitue la première étape d'une démarche globale visant à assurer l'avenir de l'industrie de l'aluminium au Canada. Il s'agit d'un outil de pointe pour encourager le développement de nouvelles technologies, stimuler la création de produits novateurs et permettre aux entreprises et institutions d'ici de se positionner sur les marchés les plus prometteurs.

La CRT profitera à tous les intervenants de l'industrie : pour les entreprises, elle tiendra lieu d'outil de planification stratégique pour déceler et combler les écarts entre leurs ressources technologiques actuelles et les exigences futures ; pour les organismes de recherche et les établissements d'enseignement, elle servira de guide dans la structuration des programmes; aux gouvernements, elle fournira un cadre d'orientation stratégique des programmes de recherche et de développement industriel.

C'est avec enthousiasme que nous présentons la première édition de la CRT élaborée à la suite d'un **rigoureux processus de consultation intensive de près d'une année**. Nous tenons à souligner la collaboration exceptionnelle de toutes les personnes qui ont participé aux ateliers de travail, ainsi que celle des membres du comité directeur de la Carte routière technologique qui ont rendu possible sa réalisation.

REMERCIEMENTS

Le Gouvernement du Canada, le Réseau Trans-Al inc. et ses partenaires remercient toutes les personnes qui ont apporté leur contribution et leur soutien dans la réalisation de ce rapport.

MEMBRES DU COMITÉ DIRECTEUR DE LA CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE

Beauchamp, Émile	Industrie Canada
Champagne, Blaise	Institut des matériaux industriels du CNRC
D'Anjou, Yvon	Alcan métal primaire
Dieter, Rupp	Homet-Cercast Canada inc.
Éthier, Charles	Industrie Canada
Frenette, Jean-Guy	Fonds de solidarité des travailleurs
Gendron, Lucien	Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium
Hudon, Donald	Développement économique Canada
Lavoie, Robert	Développement économique Canada
Lipman, Richard	Association canadienne des manufacturiers de fenêtres et de portes
Manseau, André	Conseil national de recherches du Canada (CNRC) - planification
Niquet, Alain	Industries Spectal inc.
Paré, Jean	Réseau Trans-Al inc. et Spectube inc.
Sokolowski, Jerry	Windsor Industrial Research Chair in light metal casting technology
Tremblay, Aline	Réseau Trans-Al inc.
Tremblay, D-André	Alcan métal primaire
Van Houtte, Christian L.	Association de l'aluminium du Canada
Young, Tim	Magna symatec

Ainsi que toutes les personnes qui ont participé aux consultations sur la Carte routière technologique, en particulier:

Allaire, Claude	École polytechnique de Montréal
Allard, Christian	Almaho inc.
Barter, John	SNC-Lavalin Group inc.
Bauer, Dominic Bernard	École de technologie supérieure
Beaulieu, Denis	Université Laval
Bérubé, Hugo	Sport Rack international inc.
Blyth, Robert	Spec-Structure design
Bouchard, Pierre	Société des technologies de l'aluminium STAS ltée
Bui, Rung Tien	Chaire CRSNG-ALCAN-UQAC en ingénierie des procédés
Caron, Madeleine	Ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec
Champagne, Robert	Centre intégré des fonderies et métallurgie
Cloutier, Benoît	CIF Métal
Couture, Ghislain	Bombardier transport (produits récréatifs)
Di Lénardo, Bruno	Conseil national de recherches du Canada (CNRC)
Doutre, Don	Kinston Research and Development Center-Alcan International Inc.
Dubé, Ghyslain	Centre de recherche et de développement Arvida - Alcan International inc.
Dubuc, Réjean	Fonderie Saguenay ltée
Dufour, Gilles	Alcoa, Aluminerie Lauralco inc.
Dupont, Gilles G.	Conseil national de recherches du Canada (CNRC)
Dupuis, Marc	GéniSim inc.
Fillion, Gaëtan	Comact Chicoutimi inc.
Fournier, Claude	Industries Lyster

Fournier, Serge	Les Industries Fournier inc.
Fradet, Claude	Centre de recherche et de développement Arvida - Alcan International inc.
Gauthier, Sylvain	Montupet ltée
Glavicic-Théberge, Tanya	Université McGill
Gravel, Marc	Lar Machinerie inc.
Gruzleski, John E.	Université McGill
Hamel, François	Institut des matériaux industriels du CNRC
Hayes, Carmy	Association québécoise de l'aérospatiale
Hodson, Michael	Aisco Systems
Hornibrook, Arthur	Exal Aluminium inc.
Horton, Ray	Industrie Canada
Houde, André	Ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec
Huni, Jean-Paul	Centre de recherche et de développement Arvida - Alcan International inc.
Jackman, Jennifer	Canmet
Jennings, Cy	Saskatchewan Economic and Co-operative Development
Lapointe, Pierre	Alcoa, Aluminerie Lauralco inc.
Legault, Rock	Signotech
Masounave, Jacques	École de technologie supérieure
McLean, Glen	H&G Powder Coating
Melhem, Nafez	Institut des matériaux industriels
Moselhi, Oshama	Université Concordia
Pasini, Ciro	Implo-Technologies
Pagé, Gisèle	Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium
Pekguleryuz, Mihriban	Noranda Inc., Centre de Technologie
Renaud, Jean	Technologie Intermag
Samson, Richard	Canmec Industriel inc.
Samuel, Fawsy Hosny	Chaire industrielle de recherche GM-CRSNG-UQAC sur la technologie avancée des métaux légers pour les applications automobiles
Santiago, Rui	Hatch Associés
Schliep, Rainer	Ronal Canada inc.
Spiller, Adrian	Conseil national de recherches du Canada (CNRC)
Simard, Alain	ABB, Bomem inc.
Taillon, Carol	Acralum Paint inc.
Taylor, Martin	Société des technologies de l'aluminium STAS ltée
Thomas, Bruce	Canadair
Tremblay, Marc	Précicast
Tremblay, Robert	AMT Die Casting inc.
Venne, Jean-Pierre	Altex Extrusion
Walsh, Bruce	Advanced Dynamic Corp.
Yelle, Jean-Marc	Alumico Métal & Oxydation inc.
Zmuda, Mathias	Montupet ltée

Nous tenons à remercier tout particulièrement messieurs Ghislain Couture (Bombardier, produits récréatifs), Émile Beauchamp (Industrie Canada) et Jean Renaud (Technologie Intermag) pour les nombreux efforts consentis tout au long du processus d'élaboration de la CRT.

Ce rapport n'aurait pas été complet sans la contribution exceptionnelle de Monsieur Pierre Tremblay de Tecta. Il est aussi indispensable de souligner la qualité d'expertise de messieurs Guy Barthell, Dominic Deneault, Tom Garinis et Robert Velan de la firme Samson Bélair/Deloitte & Touche.

102-06026/

Résumé

INTRODUCTION

L'industrie canadienne de l'aluminium entre dans une période de croissance qui promet d'importantes retombées économiques pour les entreprises, centres de recherche et institutions capables de déterminer les marchés d'avenir et d'en saisir les enjeux technologiques.

Malgré les succès remportés par l'aluminium au cours de la dernière décennie, de nombreux défis restent encore à relever. Par exemple, l'acier compte regagner le terrain perdu dans des secteurs en expansion comme l'automobile. De plus, de nombreux matériaux substituts comme le magnésium et les polymères font aussi la lutte à l'aluminium. Les polymères, notamment, gagnent des parts relatives de marché dans des secteurs comme les contenants, l'emballage, les portes et fenêtres.

Le Canada se doit d'innover

Pour assurer sa croissance tout en restant concurrentielle, l'industrie canadienne de l'aluminium doit coordonner ses efforts et relever avec succès les grands défis technologiques à venir. C'est dans cette optique que se sont réunis des intervenants majeurs tels le Conseil national de recherches du Canada, Développement économique Canada, Industrie Canada et le Réseau Trans-Al inc., pour faire l'élaboration de la première édition de la Carte routière technologique (CRT) de l'industrie canadienne de l'aluminium, en collaboration avec le cabinet conseil Samson Bélair/Deloitte & Touche.

Dans ce contexte, la présente Carte routière technologique (CRT) constitue un outil indispensable pour nous aider à comprendre comment se dessinent l'orientation future des marchés, l'innovation technologique, la recherche et développement et le transfert de technologies. Elle permettra à l'industrie canadienne de l'aluminium de faire des prévisions technologiques et des choix stratégiques de plus en plus justes et judicieux.

OBJECTIF DE LA CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE

Aider les secteurs canadiens de production et de transformation primaire et secondaire de l'aluminium, ainsi que les équipementiers, à devenir des chefs de file sur la scène mondiale, en leur permettant de répondre adéquatement aux exigences toujours grandissantes de leurs clients respectifs.

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE CANADIEN

Outil de planification stratégique

Élaborée **par et pour** les intervenants de l'industrie canadienne de l'aluminium, et rédigée pour atteindre un large public, la CRT s'adresse aux organismes, spécialistes sectoriels, dirigeants, chercheurs, fournisseurs d'équipement, décideurs des secteurs public et privé et éducateurs. La CRT permet de comprendre les principaux enjeux de l'industrie canadienne de l'aluminium et constitue un outil de premier choix à tous les intervenants pour planifier leurs activités, fixer leurs priorités et définir leurs orientations stratégiques.

Un angle tout à fait nouveau

Quoiqu'un bon nombre de défis technologiques élaborés par les CRT américaines soient aussi valables pour le Canada, il est clair que l'industrie canadienne de l'aluminium possède des **particularités intrinsèques** qui sont prises en compte dans les priorités technologiques identifiées. La CRT canadienne met une emphase particulière sur l'industrie des équipements, de l'industrie du transport, de la construction et de l'électricité, ce qui lui donne un angle tout à fait nouveau.

UNE DÉMARCHE RIGOUREUSE

La première édition de la Carte routière technologique de l'industrie canadienne de l'aluminium est le résultat d'un **processus qui a duré près d'une année**. Pour assurer la validité de son contenu, nous avons suivi une démarche rigoureuse : revue bibliographique exhaustive, questionnaires, études de marché, ateliers de travail et consultations intensives auprès de centaines d'experts sectoriels canadiens.

1ère ÉTAPE **Portrait de l'industrie** grâce à la consultation de plusieurs sources d'information : cartes routières technologiques américaines sur l'aluminium, magazines spécialisés, études de marché, banques de données mondiales, rapports annuels d'entreprises, sites Internet, documentation en provenance d'Industrie Canada, de Ressources naturelles Canada, de centres de recherche et de diverses universités. De plus, de nombreux experts internationaux reconnus ont été consultés.

Plus d'une centaine de personnes participantes

2e ÉTAPE : **Enquête auprès des spécialistes de l'industrie** – questionnaire rédigé dans les deux langues officielles du Canada – adressé à plus de 150 experts comprenait trois sections distinctes: 1) les renseignements généraux;) les besoins futurs et tendances du marché; 3) les besoins technologiques essentiels.

3e ÉTAPE : **Ateliers de travail portant sur** : 1) la production de l'aluminium et les équipementiers; 2) l'industrie du transport et 3) l'industrie de la construction et l'électricité. Au total, une **soixantaine de spécialistes** ont participé au processus de création de la CRT par la formulation de projets et la participation aux ateliers de travail. Au total, **47 projets ont été retenus** parmi les 116 soumis et analysés par les experts.

47 projets ont été retenus

PORTRAIT GÉNÉRAL DE LA PRODUCTION D'ALUMINIUM

En 1999, 23,5 millions de tonnes d'aluminium ont été produites. L'industrie de l'aluminium se caractérise toutefois par une production mondiale supérieure à la consommation. Selon les prévisions, la consommation d'aluminium devrait dépasser la production mondiale vers 2003 pour atteindre 27 millions de tonnes. En se basant sur ces données, l'industrie de l'aluminium devrait, de manière globale, demeurer florissante. Si l'industrie canadienne de l'aluminium se positionne avantageusement sur les marchés mondiaux, elle pourra bénéficier de la croissance anticipée.

Le Canada représente 10,5 % de la production mondiale

Depuis 1994, le Canada a perdu 1,3 % de part de marché relative aux dépens de pays ayant des croissances relatives beaucoup plus importantes (Afrique du Sud, Chine, Australie). Par contre, l'addition par Alcan d'une nouvelle aluminerie à Alma (Québec) en 2002 permettra à l'industrie canadienne de production de l'aluminium de croître suivant les moyennes mondiales et de conserver son **4e rang**.

Pour conserver une position concurrentielle en tant que chef de file en production d'aluminium, le Canada dépend des efforts consentis pour la réduction des coûts reliés à la production d'aluminium. Malheureusement, au cours des dix dernières années, en ce qui a trait à la **recherche et développement**, la moyenne des activités du secteur de la production et de la transformation de métaux non ferreux **a été presque deux fois moindre** (0,75 %) **que celle des entreprises manufacturières canadiennes** (1,13%).

Manque de RD sur l'aluminium au Canada

À la lumière de ces statistiques, il est urgent de mettre de l'avant les projets technologiques les plus pertinents et prometteurs dans le but de permettre à l'industrie de conserver la place qu'elle occupe, voire même de lui faire gagner des points au rang des plus importants pays producteurs d'aluminium. L'industrie canadienne de l'aluminium ne fait pas assez de recherche et développement, notamment pour réduire ses coûts de production. C'est un enjeu de premier plan pour le Canada car les nouvelles usines de production s'installent dans les pays où les coûts de production sont les plus avantageux.

PARTICULARITÉ : LES ÉQUIPEMENTS CANADIENS

Les cinquante dernières années ont vu l'émergence **d'équipementiers** d'envergure globale, capables de fournir de l'équipement spécialisé à l'industrie de l'aluminium partout dans le monde. De bons exemples de ce type d'équipement sont les cuves d'électrolyse, les tables de coulée semi-continue et les changeurs d'anodes.

Le potentiel de croissance des équipementiers canadiens est énorme. L'expertise canadienne pourrait être davantage exploitée sur les marchés mondiaux, dans des pays comme la Chine ou l'Afrique du Sud, où des projets de construction sont en cours. Toutefois, bien que leur potentiel soit grand, de nombreux défis restent encore à relever, tels que :

- Se rapprocher davantage des producteurs canadiens d'aluminium primaire
- Atteindre ou maintenir la classe mondiale en ce qui a trait aux connaissances scientifiques et technologiques dans leur domaine
- Développer des technologies novatrices
- Commercialiser et promouvoir les équipements canadiens à travers le monde

PROBLÉMATIQUE

Le Canada, deuxième plus grand exporteur d'aluminium

En 1999, le Canada a produit 2,38 millions de tonnes d'aluminium, dont 90 % en provenance du Québec. Près de 85 % de la production canadienne est exportée vers les États-Unis, l'Europe et l'Asie. Avec 15 % des exportations mondiales d'aluminium, le Canada est le deuxième plus grand exportateur d'aluminium primaire derrière la CEI (22 %). Plus de 80 % de l'aluminium canadien est exporté sous forme de lingots.

Bien que le Canada soit l'un des plus grands producteurs d'aluminium, il importe annuellement 0,55 million de tonnes d'aluminium. 75 % de ces importations sont des produits semi-finis (produits extrudés, laminés et moulés) fabriqués aux États-Unis et en Europe. Selon les experts, si on la compare à la consommation nationale d'aluminium primaire, la proportion de ces importations est très élevée.

Une question s'impose : **des entreprises canadiennes pourraient-elles fabriquer ici des produits semi-finis fabriqués ailleurs à partir d'aluminium primaire canadien** ? Cette question est complexe et nécessite une analyse coûts/bénéfices approfondie. Les institutions canadiennes peuvent toutefois entamer leur processus de réflexion en ce sens.

PREMIÈRE TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM

Croissance soutenue des produits semi-finis

La production mondiale de produits semi-finis de l'aluminium a connu une croissance soutenue de l'ordre de 6% au cours des cinq dernières années. La production mondiale de produits semi-finis qui s'élevait à plus de **30,5 millions de tonnes** en 1997 se repartit en trois grands secteurs : les produits laminés (41 %), les produits extrudés (35 %) et les produits moulés (24 %).

Bien que les produits extrudés et laminés représentent les applications d'usage en forte demande pour les utilisateurs d'aluminium, il n'en demeure pas moins que le moulage connait une croissance substantielle compte tenu de son importance dans l'industrie du transport, notamment dans le secteur de l'automobile. Sur le plan mondial, le Canada a connu la plus grande croissance annuelle en extrusion, produits laminés et produits moulés. En 1997, la production canadienne de :

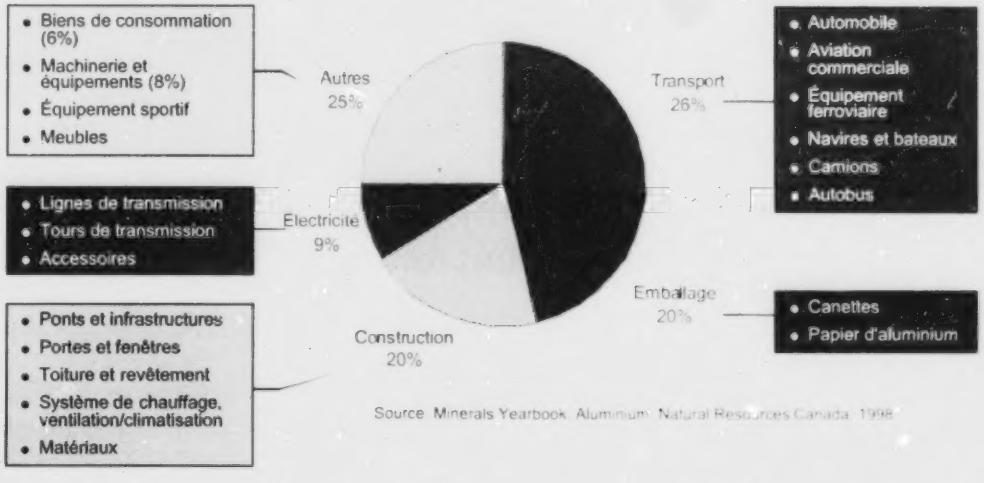
- Produits laminés s'élevait à 290 000 tonnes (une croissance de 8 % depuis 1993);
- Produits extrudés s'élevait à 190 000 tonnes (une croissance de 10 % depuis 1993);
- Produits moulés s'élevait à 185 000 tonnes (une croissance de 9,5 % depuis 1993).

SECONDE TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM

Actuellement, la consommation mondiale d'aluminium est concentrée dans quatre grands secteurs industriels : **le transport, l'emballage, la construction et l'électricité, qui comptaient pour 75 % de l'aluminium consommé en 1998** (voir figure 1). Pour la période de 1995 à 2015, on prévoit que le secteur du transport connaîtra la plus grande croissance annuelle (3,5 %).

Figure 1

Consommation mondiale d'aluminium primaire en 1998
(Total - 22.1 millions de tonnes)



Source Minerals Yearbook, Aluminium, Natural Resources Canada, 1998

PREMIÈRE TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM

La production mondiale de produits semi-finis de l'aluminium a connu une croissance soutenue de l'ordre de 6% au cours des cinq dernières années. La production mondiale de produits semi-finis qui s'élevait à plus de **30,5 millions de tonnes** en 1997 se répartit en trois grands secteurs : les produits laminés (41 %), les produits extrudés (35 %) et les produits moulés (24 %).

Croissance soutenue des produits semi-finis

Bien que les produits extrudés et laminés représentent les applications d'usage en forte demande pour les utilisateurs d'aluminium, il n'en demeure pas moins que le moulage connaît une croissance substantielle compte tenu de son importance dans l'industrie du transport, notamment dans le secteur de l'automobile. Sur le plan mondial, le Canada a connu la plus grande croissance annuelle en extrusion, produits laminés et produits moulés. En 1997, la production canadienne de :

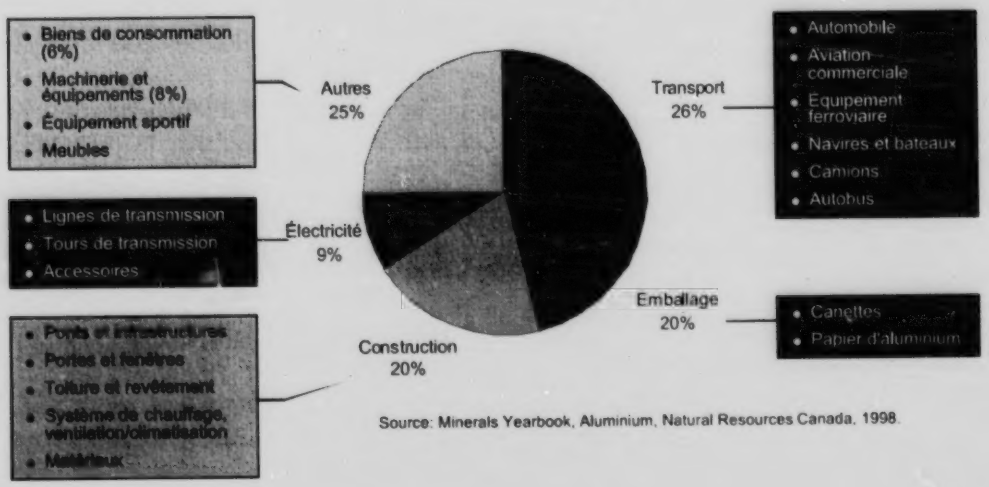
- Produits laminés s'élevait à 290 000 tonnes (une croissance de 8 % depuis 1993);
- Produits extrudés s'élevait à 190 000 tonnes (une croissance de 10 % depuis 1993);
- Produits moulés s'élevait à 185 000 tonnes (une croissance de 9,5 % depuis 1993).

SECONDE TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM

Actuellement, la consommation mondiale d'aluminium est concentrée dans quatre grands secteurs industriels : **le transport, l'emballage, la construction et l'électricité, qui comptaient pour 75 % de l'aluminium consommé en 1998** (voir figure 1). Pour la période de 1995 à 2015, on prévoit que le secteur du transport connaîtra la plus grande croissance annuelle (3,5 %).

Figure 1

Consommation mondiale d'aluminium primaire en 1998
(Total - 22.1 millions de tonnes)



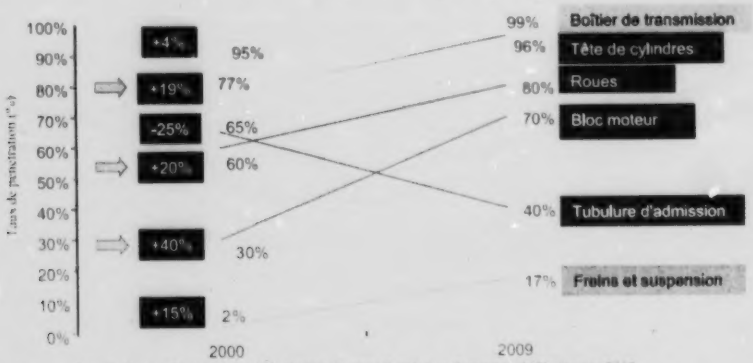
Source: Minerals Yearbook, Aluminium, Natural Resources Canada, 1998.

Percées importantes dans le secteur de l'automobile

Au fil des ans, l'aluminium devient de plus en plus populaire dans le secteur de l'automobile. De 1991 à 1999, la quantité d'aluminium utilisée dans la production de véhicules en Amérique du Nord, au Japon et en Europe de l'Ouest[1], a augmenté de 5 % annuellement. Comme il est prévu qu'en Amérique du Nord, la production de véhicules dépassera 58 millions en 2001, cette tendance devrait avoir un impact considérable sur l'industrie. Selon les prédictions des spécialistes de l'industrie, le bloc moteur (+40 %), les roues (+20 %) et les têtes de cylindre (+19 %) sont les composantes automobiles qui accuseront la plus forte transition vers l'aluminium entre 2000 et 2009 (voir figure 2).

Figure 2

Pénétration des pièces moulées en aluminium dans le secteur de l'automobile aux États-Unis



Source: Modern Casting, Total U.S. Casting Demand Forecast to Contract in 2000, January 2000

BESOINS DE MARCHÉ : PRINCIPAUX ENJEUX

La Carte routière technologique présente les enjeux communs à l'ensemble des secteurs et les nouveaux défis à relever dans le domaine de l'aluminium. Pour une industrie en pleine effervescence et en santé qui favorise la création d'emplois, il est indispensable de bien comprendre la teneur des enjeux de chaque secteur et de trouver des réponses à long terme.

Tel que l'illustre le Tableau 1, l'importance relative des enjeux identifiés varie d'un secteur d'activité à un autre, et il va sans dire qu'une meilleure perception de leur importance relative facilite le choix des projets technologiques à privilégier et oriente les recommandations des experts.

Tableau 1

Principaux enjeux	Production d'aluminium et équipementiers	Transformation primaire (laminage, moulage, extrusion)	Transformation secondaire (construction et emballage)	Transformation secondaire (transport)
Réduire les coûts	✪✪✪✪✪	✪✪✪✪✪	✪✪✪	✪✪✪✪✪
Respecter la réglementation	✪	✪	✪	✪✪
Diminuer la consommation énergétique	✪✪	✪	✪	✪✪✪
Respecter l'environnement	✪✪✪	✪	✪	✪✪✪
Augmenter le niveau de qualité	✪✪	✪✪✪	✪✪	✪✪
Développer et diffuser les connaissances	✪	✪✪	✪✪✪✪✪	✪
Développer les marchés	✪✪	✪✪✪	✪✪✪✪	✪
Développer des alliages matériaux	✪	✪✪	✪	✪✪

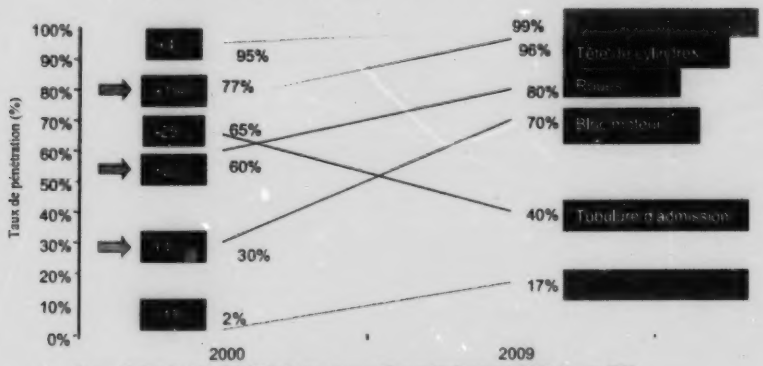
Légende ✪✪✪✪✪ = forte priorité
✪ = faible priorité

[1] Ducker Research Company, Passenger Car and Light Truck Aluminum Content Report, 1999.

Percées importantes dans le secteur de l'automobile

Au fil des ans, l'aluminium devient de plus en plus populaire dans le secteur de l'automobile. De 1991 à 1999, la quantité d'aluminium utilisée dans la production de véhicules en Amérique du Nord, au Japon et en Europe de l'Ouest[1], a augmenté de 5 % annuellement. Comme il est prévu qu'en Amérique du Nord, la production de véhicules dépassera 58 millions en 2001, cette tendance devrait avoir un impact considérable sur l'industrie. Selon les prédictions des spécialistes de l'industrie, le bloc moteur (+40 %), les roues (+20 %) et les têtes de cylindre (+19 %) sont les composantes automobiles qui accuseront la plus forte transition vers l'aluminium entre 2000 et 2009 (voir figure 2).

Figure 2 **Pénétration des pièces moulées en aluminium dans le secteur de l'automobile aux États-Unis**



Source: Modern Casting, Total U.S. Casting Demand Forecast to Contract in 2000, January 2000

BESOINS DE MARCHÉ : PRINCIPAUX ENJEUX

La Carte routière technologique présente les enjeux communs à l'ensemble des secteurs et les nouveaux défis à relever dans le domaine de l'aluminium. Pour une industrie en pleine effervescence et en santé qui favorise la création d'emplois, il est indispensable de bien comprendre la teneur des enjeux de chaque secteur et de trouver des réponses à long terme.

Tel que l'illustre le Tableau 1, l'importance relative des enjeux identifiés varie d'un secteur d'activité à un autre, et il va sans dire qu'une meilleure perception de leur importance relative facilite le choix des projets technologiques à privilégier et oriente les recommandations des experts.

Tableau 1

Principaux enjeux	Production d'aluminium et équipementiers	Transformation primaire (laminage, moulage, extrusion)	Transformation secondaire: Construction et électricité	Transformation secondaire: Transport
Réduire les coûts	●●●●●	●●●●●	●●●	●●●●●
Respecter la réglementation	●	●	●	●●
Diminuer la consommation énergétique	●●	●	●	●●●
Respecter l'environnement	●●●	●	●	●●●
Augmenter le niveau de qualité	●●	●●●	●●	●●
Développer et diffuser les connaissances	●	●●	●●●●●	●
Développer les marchés	●●	●●●	●●●●	●
Développer des alliages/matériaux	●	●●	●	●●

Légende: ●●●●● = forte priorité
● = faible priorité

[1] Ducker Research Company, Passenger Car and Light Truck Aluminum Content Report, 1999.

À l'heure actuelle, les trois plus importants besoins à combler pour l'industrie canadienne de l'aluminium sont :

1. **Réduire les coûts et augmenter la productivité**

   La construction de nouvelles alumineries à travers le monde et leurs installations performantes ajoutent une pression supplémentaire qui force la réduction des coûts lors de la production de l'aluminium. Par ailleurs, dans les autres secteurs, il faut aussi réduire les coûts de transformation des pièces en aluminium dès la conception des composantes.

2. **Développer et diffuser les connaissances**

   Dans une économie de plus en plus fondée sur le savoir, le capital intellectuel remplace les ressources naturelles comme premier facteur de la vigueur économique et de la compétitivité d'un pays. Dans l'industrie de la construction par exemple, on note un manque de connaissances des technologies disponibles et peu de recherches pertinentes. Les entreprises devront également approfondir leurs connaissances des diverses applications et des caractéristiques intrinsèques de l'aluminium.

3. **Développer les marchés**

   En plus de l'amélioration des caractéristiques des produits en aluminium, la mise au point de nouvelles applications et le développement de nouveaux marchés constituent des démarches importantes pour assurer la croissance future de l'industrie.

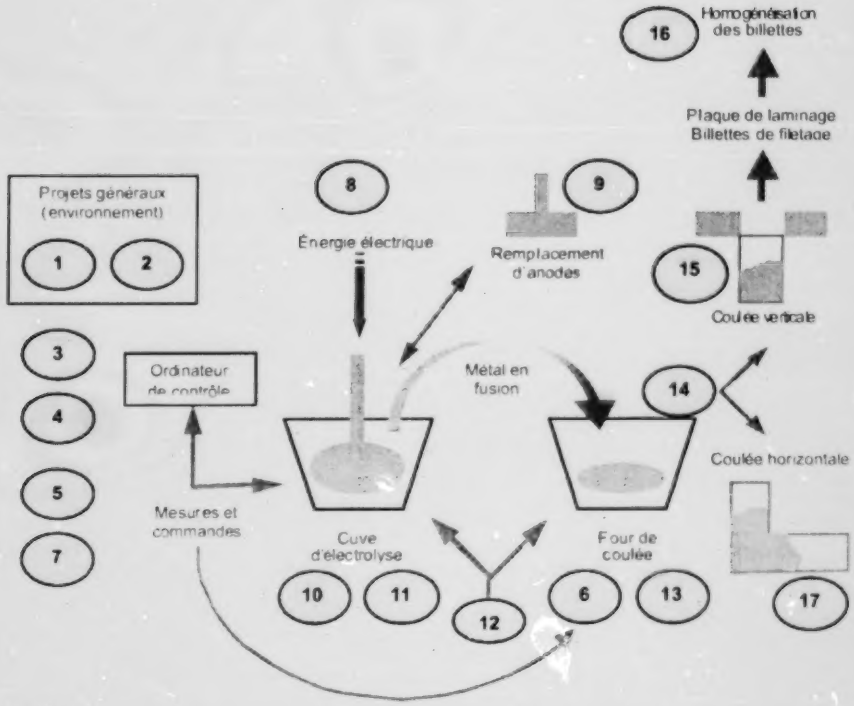
LES PROJETS TECHNOLOGIQUES

Après avoir cerné les secteurs clés et examiné leurs principaux enjeux, les experts présents aux ateliers de travail et le comité directeur ont déterminé les technologies jugées essentielles pour permettre à l'industrie de répondre aux besoins de marché au cours des dix prochaines années.

Au total, 47 projets technologiques ont été retenus et analysés. Les 17 premiers projets technologiques sont reliés à la production d'aluminium tandis que les autres sont reliés à la première et seconde transformation de l'aluminium. **Les listes de ces projets sont reproduites aux figures 3 et 4 des pages suivantes et illustrent aussi les relations qui existent entre eux.**

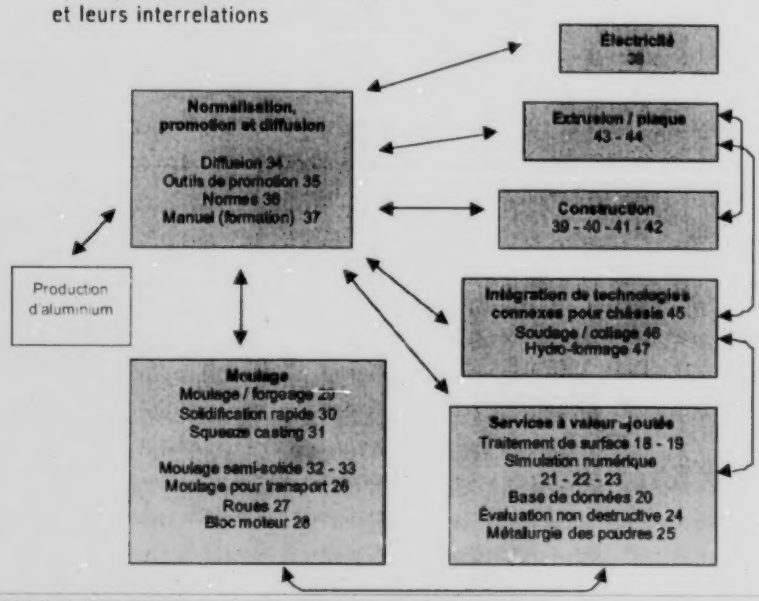
Ces projets sont concrets et pertinents car ils répondent précisément aux besoins de marché et tiennent compte des priorités qui sont d'actualité au Canada. D'autres projets technologiques pourront se greffer à cette liste puisque la carte routière technologique est continuellement mise à jour en tenant compte de l'évolution du marché.

Figure 3 Liste des projets technologiques pour la production de l'aluminium leurs interrelations



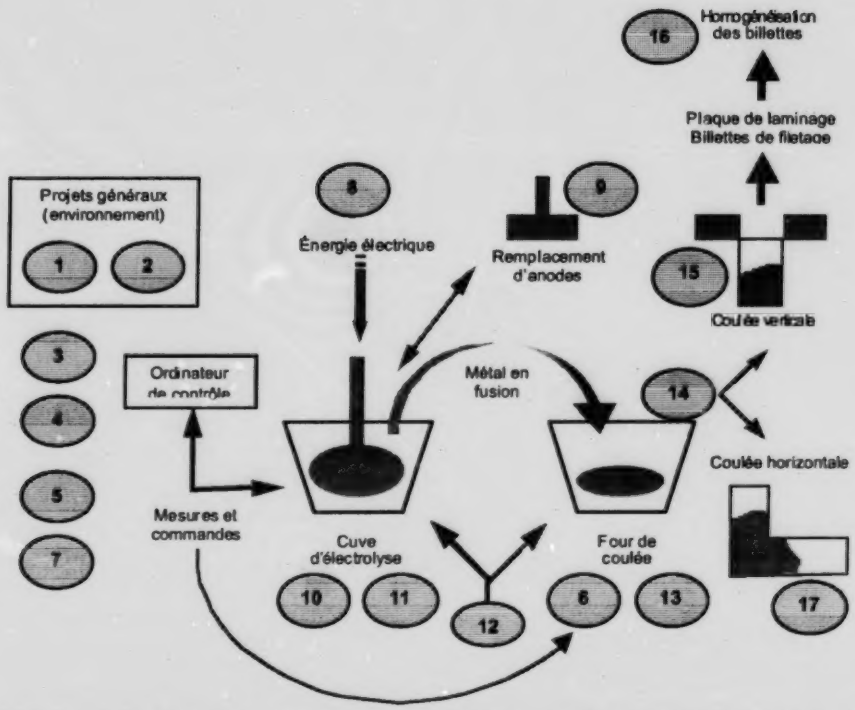
1. Programme technologique environnemental de traitement des rejets solides, liquides et gazeux
2. Technologies de recyclage de produits à haute teneur en aluminium
3. Systèmes heuristiques avancés de contrôle (création des algorithmes)
4. Modèle dynamique pour le contrôle et l'opération des cuves (modèle du procédé)
5. Capteurs avancés de signaux de cuves (enregistrement des paramètres en continu)
6. Lecteur/analyseur de la qualité du métal en continu
7. Thermocouples et sondes résistants au bain liquide (nouveaux matériaux)
8. Technologies afin d'abaisser la consommation énergétique des cuves électrolytiques (sans augmenter le coût de production)
9. Technologies d'automatisation permettant le remplacement d'anodes dans la cuve d'électrolyse
10. Modèle unifié pour concevoir (ou modifier) les cuves d'électrolyse
11. Nouveaux matériaux (cathode) pour contenir l'électrolyse et le métal liquide
12. Outils d'analyse technico-économique des projets de recherche et développement en électrolyse et en coulée D.C.
13. Matériaux résistants (ex.: bétons réfractaires) à l'aluminium liquide (dans le four de coulée/contenants de transport de l'aluminium en fusion)
14. Modélisation des phénomènes de solidification afin d'améliorer le recouvrement et la qualité lors de la coulée
15. Technologies de coulée verticale pour les lingots et billettes
16. Technologies permettant l'homogénéisation des billettes produites en coulée D.C.
17. Technologies permettant d'améliorer la coulée horizontale continue

Figure 4 **Liste des projets technologiques des secteurs de transformation primaire et secondaire de l'aluminium et leurs interrelations**



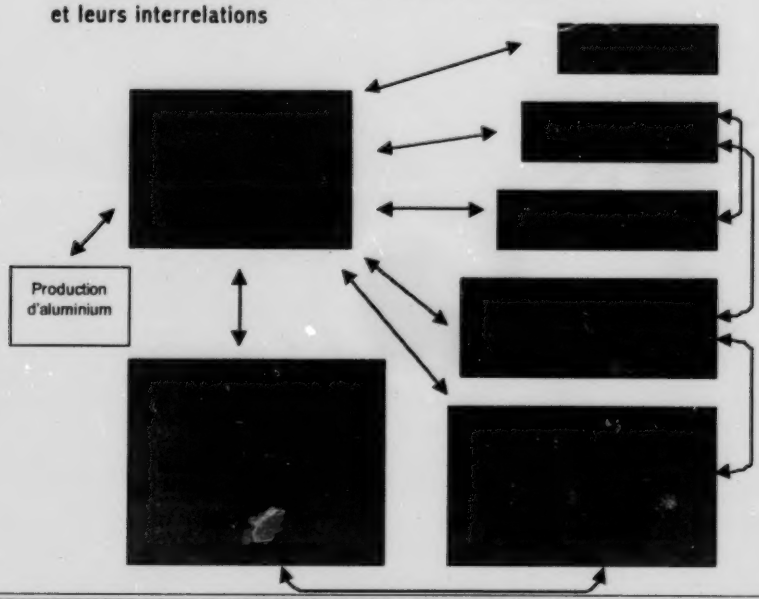
18. Technologies d'implantation ionique (ou PVD) pour le traitement des surfaces
19. Revêtements à base d'aluminium
20. Base de données sur la composition des alliages selon la forme
21. Simulation numérique du remplissage des moules et de la solidification (pour identifier les contraintes thermiques résiduelles)
22. Simulation de procédés (laminage, extrusion, moulage, forgeage)
23. Outils de modélisation améliorée pour le design de filière (die design)
24. Techniques améliorées d'évaluation non destructive des pièces (automatisation)
25. Métallurgie des poudres
26. Fabrication de pièces moulées en aluminium pour l'industrie du transport
27. Technologies de moulage des roues en aluminium pour camions (assurer le transfert technologique)
28. Développer le procédé SHLP (Sand Hybrid Low Pressure) pour la production de bloc moteur
29. Nouvelles techniques de moulage/forgeage
30. Technologies de solidification rapide de pièces moulées
31. Nouvelles techniques de moulage/forgeage (squeeze casting)
32. Technologie de moulage à l'état semi-solide
33. Technologie de formage à l'état semi-solide (SSF – feedstock preparation)
34. Création et diffusion de normes et de connaissances
35. Stratégie et outils pour faire connaître l'aluminium et ses caractéristiques
36. Normes de calcul (utilisation de l'aluminium)
37. Manuel et logiciel de calcul adaptés au design de l'aluminium
38. Conducteur haute-température pour les lignes de transmission d'électricité
39. Modèle économique pour évaluer les coûts du cycle de vie d'un ouvrage/projet (Life Cycle Cost Model)
40. Systèmes efficaces de livraison de projet (construction modulaire)
41. Joints mécaniques d'assemblage (field connections) pour assembler des éléments structuraux
42. Construction des ponts (et rénovation des tabliers de pont) en utilisant l'aluminium
43. Transfert des technologies d'extrusion utilisant des alliages spécifiques (à des coûts compétitifs)
44. Améliorer la gamme de produits structuraux disponibles (extrusion, plaque) sur le marché canadien
45. Technologies connexes pour fabriquer des châssis de véhicules
46. Techniques de soudage/collage novatrices
47. Technologie d'hydro formage

Figure 3 **Liste des projets technologiques pour la production de l'aluminium leurs interrelations**



1. Programme technologique environnemental de traitement des rejets solides, liquides et gazeux
2. Technologies de recyclage de produits à haute teneur en aluminium
3. Systèmes heuristiques avancés de contrôle (création des algorithmes)
4. Modèle dynamique pour le contrôle et l'opération des cuves (modèle du procédé)
5. Capteurs avancés de signaux de cuves (enregistrement des paramètres en continu)
6. Lecteur/analyseur de la qualité du métal en continu
7. Thermocouples et sondes résistants au bain liquide (nouveaux matériaux)
8. Technologies afin d'abaisser la consommation énergétique des cuves électrolytiques (sans augmenter le coût de production)
9. Technologies d'automatisation permettant le remplacement d'anodes dans la cuve d'électrolyse
10. Modèle unifié pour concevoir (ou modifier) les cuves d'électrolyse
11. Nouveaux matériaux (cathode) pour contenir l'électrolyse et le métal liquide
12. Outils d'analyse technico-économique des projets de recherche et développement en électrolyse et en coulée D.C.
13. Matériaux résistants (ex.: bétons réfractaires) à l'aluminium liquide (dans le four de coulée/contenants de transport de l'aluminium en fusion)
14. Modélisation des phénomènes de solidification afin d'améliorer le recouvrement et la qualité lors de la coulée
15. Technologies de coulée verticale pour les lingots et billettes
16. Technologies permettant l'homogénéisation des billettes produites en coulée D.C.
17. Technologies permettant d'améliorer la coulée horizontale continue

Figure 4 **Liste des projets technologiques des secteurs de transformation primaire et secondaire de l'aluminium et leurs interrelations**



18. Technologies d'implantation ionique (ou PVD) pour le traitement des surfaces
19. Revêtements à base d'aluminium
20. Base de données sur la composition des alliages selon la forme
21. Simulation numérique du remplissage des moules et de la solidification (pour identifier les contraintes thermiques résiduelles)
22. Simulation de procédés (laminage, extrusion, moulage, forgeage)
23. Outils de modélisation améliorée pour le design de filière (die design)
24. Techniques améliorées d'évaluation non destructive des pièces (automatisation)
25. Métallurgie des poudres
26. Fabrication de pièces moulées en aluminium pour l'industrie du transport
27. Technologies de moulage des roues en aluminium pour camions (assurer le transfert technologique)
28. Développer le procédé SHLP (Sand Hybrid Low Pressure) pour la production de bloc moteur
29. Nouvelles techniques de moulage/forgeage
30. Technologies de solidification rapide de pièces moulées
31. Nouvelles techniques de moulage/forgeage (squeeze casting)
32. Technologie de moulage à l'état semi-solide
33. Technologie de formage à l'état semi-solide (SSF – feedstock preparation)
34. Création et diffusion de normes et de connaissances
35. Stratégie et outils pour faire connaître l'aluminium et ses caractéristiques
36. Normes de calcul (utilisation de l'aluminium)
37. Manuel et logiciel de calcul adaptés au design de l'aluminium
38. Conducteur haute-température pour les lignes de transmission d'électricité
39. Modèle économique pour évaluer les coûts du cycle de vie d'un ouvrage/projet (Life Cycle Cost Model)
40. Systèmes efficaces de livraison de projet (construction modulaire)
41. Joints mécaniques d'assemblage (field connections) pour assembler des éléments structuraux
42. Construction des ponts (et rénovation des tabliers de pont) en utilisant l'aluminium
43. Transfert des technologies d'extrusion utilisant des alliages spécifiques (à des coûts compétitifs)
44. Améliorer la gamme de produits structuraux disponibles (extrusion, plaque) sur le marché canadien
45. Technologies connexes pour fabriquer des châssis de véhicules
46. Techniques de soudage/collage novatrices
47. Technologie d'hydro-formage

RECOMMANDATIONS

À l'heure actuelle, le grand défi que doit relever l'industrie canadienne de l'aluminium consiste donc à demeurer parmi les premiers dans la course que se font les pays producteurs et transformateurs d'aluminium.

C'est avec ces enjeux à l'esprit que les experts consultés ont soumis leurs recommandations, tout en tenant compte des réalités sociales et environnementales qui dépassent largement le domaine technique et technologique. Les recommandations sont :

1. Créer un Institut canadien en recherche et développement de l'aluminium;
2. Assurer le suivi de la Carte routière technologique sur une base annuelle;
3. Coordonner les activités de recherche et développement;
4. Encourager le développement d'équipements pour le secteur de la production d'aluminium et le développement de logiciels pour tous les secteurs de l'industrie;
5. Favoriser le développement de la transformation de l'aluminium;
6. Renforcer les liens entre l'industrie, les universités et les centres de recherche;
7. Créer des programmes d'enseignement de formation spécialisés sur l'aluminium;
8. Réaliser et diffuser des études de marché sur les divers secteurs de transformation.

CONCLUSION

Le premier objectif de cette Carte routière technologique sur l'industrie canadienne de l'aluminium était d'amorcer la discussion et de susciter des échanges constructifs entre les membres de l'industrie et leurs nombreux partenaires : équipementiers, organismes de recherche, associations, universités et gouvernements.

La publication de ce document n'est pas une fin en soi, mais bien le début d'un long processus de collaboration à tous les paliers et de mise en lumière de projets technologiques visant à rendre l'industrie canadienne de l'aluminium encore plus concurrentielle sur les marchés internationaux.

La consultation auprès d'experts a permis de mettre en lumière plusieurs besoins de marché, dont les trois principaux sont : la réduction des coûts et l'augmentation de la productivité ; le développement et la diffusion des connaissances ainsi que le développement des marchés. À ce jour, 47 projets technologiques ont été retenus et analysés en fonction de ces critères et en tenant compte des priorités qui sont d'actualité au Canada.

L'avenir de l'industrie canadienne de l'aluminium et son rayonnement sur la scène internationale ne dépendent toutefois pas uniquement de ses succès technologiques. D'autres mécanismes globaux et coordonnés doivent être envisagés et mis en place pour assurer la réalisation des bénéfices potentiels de l'innovation technologique. Dans cette optique, ce document - qui colle parfaitement à l'industrie canadienne de l'aluminium, puisqu'il a été développé par et pour ses intervenants, pourra servir de canevas de discussion pour d'éventuels projets plus intégrateurs, comme l'implantation d'un Institut canadien de recherche et développement de l'aluminium.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS

RÉSUMÉ

INTRODUCTION 3

QU'EST-CE QU'UNE CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE ? 4

OBJECTIF DE LA CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE 4

AVANTAGES DE LA CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE 5

CONTEXTE 6

MÉTHODOLOGIE 6

L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM ET LE CANADA 9

LA PRODUCTION CANADIENNE D'ALUMINIUM 9

L'INDUSTRIE DES ÉQUIPEMENTS ET LA PRODUCTION D'ALUMINIUM 11

Émergence de l'industrie des équipementiers 12

Les défis des équipementiers canadiens 12

LE CANADA POURRAIT-IL RÉDUIRE SES IMPORTATIONS DE PRODUITS SEMI-FINIS? 13

LES SECTEURS DE PREMIÈRE TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM 15

Les produits laminés 15

Les produits extrudés 16

Les produits moulés 17

LES SECTEURS DE LA DEUXIÈME TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM 18

Produits finis reliés au transport 19

Produits finis reliés aux contenants et à l'emballage 20

Produits finis reliés à la construction 20

Produits ifnis reliés au secteur de l'électricité 20

Produits finis reliés aux autres produits finis 20

LES BESOINS DE MARCHÉ : PRINCIPAUX ENJEUX AUXQUELS L'INDUSTRIE FAIT FACE 22

PRINCIPAUX ENJEUX 22

UN PRÉALABLE : ASSURER LA SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS ET DE LA POPULATION 22

PRIORITÉS SELON LES SECTEURS D'ACTIVITÉ 23

LES PROJETS TECHNOLOGIQUES 34

SECTEUR DE LA PRODUCTION DE L'ALUMINIUM 35

Fiches descriptives des projets 37

SECTEURS DE LA PREMIÈRE ET DEUXIÈME TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM 45

Fiches descriptives des projets 47

OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS 61

RECOMMANDATIONS 61

CONCLUSION 66

ANNEXE A - LISTE DES PROJETS TECHNOLOGIQUES 67

ANNEXE B - CERTAINS PROJETS TECHNOLOGIQUES DÉJÀ EN COURS AU CANADA 69

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Production et consommation mondiale d'aluminium primaire	10
Figure 2 :	Les 10 plus grands pays producteurs d'aluminium de première fusion	10
Figure 3 :	Intensité de la RD dans les secteurs de la production de métaux non ferreux au Canada	11
Figure 4 :	Balance commerciale canadienne selon le type de produits semi-finis (1999)	14
Figure 5 :	Distribution des produits semi-finis d'aluminium en 1997	15
Figure 6 :	Production de produits laminés au Canada	15
Figure 7 :	Croissance de la production de produits laminés	16
Figure 8 :	Production de produits extrudés au Canada	16
Figure 9 :	Croissance de la production de produits extrudés	16
Figure 10 :	Production de produits moulés au Canada	17
Figure 11 :	Croissance de la production de produits moulés	17
Figure 12 :	Consommation mondiale d'aluminium primaire en 1998	18
Figure 13 :	Consommation des produits semi-finis d'aluminium selon les secteurs secondaires en Amérique (1995-2015)	18
Figure 14 :	Pénétration des pièces moulées en aluminium dans le secteur de l'automobile aux É.-U.	19
Figure 15 :	Secteurs traités dans la carte routière technologique	21
Figure 16 :	Liste des projets technologiques pour la production de l'aluminium et leurs interrelations	35
Figure 17 :	Liste des projets technologiques des secteurs de transformation primaire et secondaire de l'aluminium et leurs interrelations	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Principaux enjeux de l'industrie de l'aluminium	22
Tableau 2 :	Priorités des besoins de marché selon les secteurs d'activité	23
Tableau 3 :	Actions reliées à la réduction des coûts et à l'augmentation de la productivité	26
Tableau 4 :	Actions reliées au respect de la réglementation et des exigences du PNGV	27
Tableau 5 :	Actions reliées à la diminution de la consommation énergétique	28
Tableau 6 :	Actions reliées au respect de l'environnement	29
Tableau 7 :	Actions reliées à l'augmentation du niveau de qualité	30
Tableau 8 :	Actions reliées au développement et à la diffusion des connaissances	31
Tableau 9 :	Actions reliées au développement des marchés	32
Tableau 10 :	Actions reliées au développement de nouveaux matériaux/alliages	33
Tableau 11 :	Projets technologiques reliés à la production de l'aluminium (risque vs échéance)	36
Tableau 12 :	Projets technologiques reliés à la transformation primaire et secondaire de l'aluminium (risque vs échéance)	46

INTRODUCTION

L'industrie de l'aluminium - l'un des plus importants employeurs au pays - constitue une des pierres angulaires de l'économie canadienne. Les secteurs de production et de transformation primaire et secondaire de l'aluminium emploient environ **20 000 travailleurs** et génèrent des retombées économiques de l'ordre de **8,3 milliards de dollars par année**. Près de 80 % de la production est exportée.

Ici comme ailleurs dans le monde, **l'aluminium est produit industriellement depuis un peu plus d'un siècle**, alors que le fer et le cuivre sont utilisés depuis des millénaires. C'est dire que l'aluminium est un métal jeune. Ses propriétés : légèreté, résistance mécanique, conductibilité thermique et résistance à la corrosion, lui ont toutefois assuré une croissance fulgurante au cours des dernières décennies.

L'aluminium, sous sa forme pure ou dans des alliages, est utilisé dans une grande variété de produits semi-finis (produits plats, tiges et fils, profilés et pièces moulées) et produits finis destinés aux marchés des biens de consommation (automobiles, avions, contenants, navires, vélos, machinerie, bâtiment, etc.). Si l'on considère que son histoire est très récente, les résultats obtenus et l'ampleur de sa croissance sont impressionnants. Son avenir semble florissant, quoique l'industrie de l'acier, depuis toujours en concurrence directe avec l'aluminium, n'a pas encore dit son dernier mot. Par exemple, l'acier compte regagner le terrain perdu dans des secteurs en expansion comme l'automobile. De plus, de nombreux matériaux substituts comme le magnésium et les polymères font aussi la lutte à l'aluminium. Les polymères, notamment, gagnent des parts relatives de marché dans des secteurs comme les contenants, l'emballage, les portes et fenêtres.

L'industrie de l'aluminium, des retombées de 8,3 milliards de dollars/an

Malgré les succès remportés par l'aluminium au cours de la dernière décennie, de nombreux défis restent encore à relever. Pour assurer sa croissance tout en restant concurrentielle, l'industrie canadienne de l'aluminium doit coordonner ses efforts pour relever avec succès les grands défis technologiques à venir.

Dans ce contexte, **la Carte routière technologique (CRT) constitue un outil indispensable** pour nous aider à comprendre comment se dessinent l'orientation future des marchés, l'innovation technologique, la recherche et développement et le transfert de technologies. Elle permettra à l'industrie canadienne de l'aluminium de faire des prévisions technologiques et des choix stratégiques de plus en plus justes et pertinents.

Consultations intensives

À la lumière des nouvelles tendances de marché, la Carte routière technologique de l'industrie canadienne de l'aluminium peut sembler ambitieuse, mais elle est réaliste et réalisable grâce à une réelle volonté des divers paliers de l'industrie. Élaborée à la suite de consultations intensives auprès de tous les intervenants des secteurs public et privé, sa mise en œuvre devrait recevoir leur entière collaboration. Un bel exemple de coopération entre le gouvernement et l'industrie !

QU'EST-CE QU'UNE CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE ?

Outil de planification stratégique

Une Carte routière technologique (CRT) est un outil de prévision pratique qui permet aux entreprises de production et de transformation de l'aluminium d'identifier leurs besoins futurs en technologies et d'élaborer des orientations stratégiques qui répondront à ces besoins.

Une CRT est une représentation temporelle des divers projets technologiques en cours d'évolution vers des produits. Il s'agit à la fois d'un document exposant les besoins de marché, et d'un cadre d'analyse permettant à l'industrie d'emprunter une approche systématique afin de combler ces besoins.

Pour élaborer une Carte routière technologique, il faut prévoir :

1. Les besoins de marché (les principaux enjeux);
2. Les répercussions sur les technologies et les produits (semi-finis, finis).

Une fois la CRT complétée, l'industrie doit procéder à l'élaboration et à la mise en œuvre des projets technologiques identifiés. Tout au long du processus, les représentants gouvernementaux agiront à titre de facilitateurs et de catalyseurs.

Il est important de préciser que ce processus est itératif, c'est-à-dire que la Carte routière technologique sur l'industrie canadienne de l'aluminium sera régulièrement mise à jour, pour tenir compte de l'évolution des besoins de marché et pour donner la possibilité aux entreprises de s'ajuster aux développements en science et technologie.

OBJECTIF DE LA CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE

Aider les secteurs canadiens de production et de transformation primaire et secondaire de l'aluminium, ainsi que les équipementiers, à devenir des chefs de file sur la scène mondiale, en leur permettant de répondre adéquatement aux exigences toujours grandissantes de leurs clients respectifs.

Le Canada se doit d'innover

L'innovation technologique a toujours été un élément moteur dans la croissance de l'industrie canadienne de l'aluminium. Avec la consolidation et la mondialisation des échanges et avec la construction d'usines dont les techniques de production d'aluminium sont toujours plus performantes, le défi consiste maintenant à maintenir le rythme et à faire les bons choix en matière d'innovation technologique. Ces choix doivent respecter l'évolution des marchés et les exigences des consommateurs tout en assurant la prospérité de l'industrie canadienne de l'aluminium.

La Carte routière technologique de l'aluminium se veut un guide pratique pour aider l'industrie à relever de multiples défis technologiques en :

- Faisant ressortir l'importance de l'innovation dans les principaux secteurs de production et de transformation de l'aluminium ;
- Identifiant les technologies émergentes et prometteuses ;
- Faisant des recommandations quant à l'infrastructure et à l'encadrement qui pourraient aider les divers secteurs de l'industrie à s'engager sur la voie rapide ;
- Suggérant certaines priorités pour l'avenir.

Élaborée **par** et **pour** les intervenants de l'industrie canadienne de l'aluminium, et rédigée pour atteindre un large public, la CRT s'adresse aux organismes, spécialistes sectoriels, dirigeants, chercheurs, fournisseurs d'équipement, décideurs des secteurs public et privé et éducateurs. Ceux-ci pourront s'en servir pour planifier leurs activités, fixer leurs priorités et définir leurs orientations stratégiques.

Nous souhaitons que la première Carte routière technologique de l'industrie canadienne de l'aluminium provoque discussions et débats, qu'elle facilite les décisions en matière d'investissement, de formation et de politiques, et qu'elle serve à orienter les nouveaux programmes de recherche de l'industrie.

AVANTAGES DE LA CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE

Pour tous les décideurs désireux de bien orienter leurs nouveaux programmes de recherche sur l'industrie de l'aluminium, les avantages de la CRT sont nombreux :

- Meilleure définition des rôles et responsabilités des différents acteurs de l'industrie;
- Diminution des risques technologiques dus à la multiplicité des approches;
- Possibilités accrues de réseautage, ce qui ouvrirait la porte à des projets conjoints de développement impliquant les secteurs privé et public;
- Capacité de concevoir et de conserver des technologies de pointe et de saisir des occasions d'affaires en adéquation avec les récentes tendances de marché;
- Amélioration de la compétitivité des divers secteurs de production et de transformation de l'aluminium grâce à la collaboration et au partage des connaissances.

Mise à jour régulière

En résumé, grâce à l'échange de renseignements et au dialogue soutenu entre les organisations des secteurs public et privé, la CRT constitue un document de référence dans l'élaboration de politiques et dans l'établissement d'objectifs pour l'industrie de l'aluminium et les gouvernements canadiens. Il sera essentiel, pour la mise à jour ponctuelle de la CRT, de poursuivre la discussion et de maintenir des échanges dynamiques entre tous les intervenants.

CONTEXTE

Dans tous les secteurs d'activité économique en effervescence, de nombreux pays se sont déjà dotés de cartes routières technologiques. Dans la plupart des cas, ces expériences ont eu des retombées significatives en ce qui a trait au développement de nouvelles technologies.

Par exemple en 1997, l'Aluminum Association Inc., en collaboration avec le U.S. Department of Energy, produisait une carte routière technologique sur l'industrie de l'aluminium aux États-Unis. Deux ans plus tard, en mai 1999, une nouvelle CRT de l'aluminium destinée au marché de l'automobile était finalisée. Par suite de ces initiatives et des résultats obtenus, les États-Unis ont amorcé divers projets en recherche et développement.

Parallèlement aux initiatives américaines, le présent document met en lumière les éléments moteurs du développement des technologies dans l'industrie de l'aluminium au Canada.

Un angle tout à fait nouveau

La première Carte routière technologique canadienne de l'aluminium propose diverses avenues visant à assurer des progrès technologiques dans l'industrie et dans les secteurs connexes reposant sur le développement de produits performants et durables. Quoiqu'un bon nombre de défis technologiques élaborés par les CRT américaines soient aussi valables pour le Canada, il est clair que l'industrie canadienne de l'aluminium possède des particularités intrinsèques qui sont prises en compte dans les priorités technologiques identifiées. La CRT canadienne met une emphase particulière sur l'industrie des équipements, de l'industrie du transport, de la construction et de l'électricité, ce qui lui donne un angle tout à fait nouveau.

MÉTHODOLOGIE

La première édition de la Carte routière technologique de l'industrie canadienne de l'aluminium est le résultat d'un **processus qui a duré près d'une année**. Pour assurer la validité de son contenu, nous avons suivi une démarche rigoureuse : revue bibliographique exhaustive, et consultations intensives auprès de nombreux experts sectoriels canadiens.

1ère ÉTAPE : PORTRAIT DE L'INDUSTRIE

Pour dresser un portrait de l'industrie de l'aluminium au Canada, nous avons passé en revue toute la documentation disponible et recueilli les données pertinentes pour les secteurs de la production, de la première et de la deuxième transformation de l'aluminium. Pour ce faire, nous avons consulté plusieurs sources d'information: cartes routières technologiques américaines sur l'aluminium, magazines spécialisés, études de marché, banques de données mondiales, rapports annuels d'entreprises, sites Internet, documentation en provenance d'Industrie Canada, de Ressources naturelles Canada, de centres de recherche et de diverses universités. De plus, de nombreux experts internationaux reconnus ont été consultés.

Le portrait d'ensemble de l'aluminium fait ressortir les forces et les faiblesses de chaque secteur étudié, les tendances du marché et la position du Canada sur l'échiquier mondial. Un premier rapport a été déposé auprès des membres du comité directeur de la CRT. Plus spécifiquement, ce rapport présente :

- Le profil des secteurs de la production et de la transformation primaire et secondaire de l'aluminium au Canada;
- Les secteurs de biens de consommation les plus prometteurs;
- Un portrait des équipementiers de biens et services aux entreprises des secteurs de la production et de la transformation de l'aluminium;
- Un aperçu de la recherche et des technologies existantes au Canada.

Plus d'une centaine de personnes participantes

Cette étape a permis une analyse en profondeur des grands enjeux auxquels devra faire face l'industrie canadienne de l'aluminium dans les années à venir. Pour ne pas alourdir la présentation de la CRT, nous y présentons uniquement les traits dominants de l'industrie de l'aluminium. (Voir la section : L'industrie de l'aluminium et le Canada.)

2e ÉTAPE : ENQUÊTE AUPRÈS DES SPÉCIALISTES

Nous avons ensuite fait parvenir, à **plus de 150 spécialistes** de tous les secteurs de l'industrie travaillant aux quatre coins du pays, un questionnaire – rédigé dans les deux langues officielles du Canada – préparé par des experts en études de marché et approuvé par le comité directeur du projet.

Ce document comprenait trois sections distinctes : 1) Les renseignements généraux; 2) Les besoins futurs et tendances du marché; 3) Les besoins technologiques essentiels.

3e ÉTAPE : ATELIERS DE TRAVAIL

Par le biais de ce questionnaire, un nombre imposant de 116 projets ont été soumis par les experts, qui ont ensuite participé activement à trois ateliers de travail portant sur : 1) La production de l'aluminium et les équipementier; 2) L'industrie du transport et 3) L'industrie de la construction et l'électricité.

Au total, **une soixantaine de spécialistes ont participé au processus** de création de la CRT par la formulation de projets et la participation aux ateliers de travail. Ce nombre exclut les membres du comité directeur qui étaient présents tout au long de la démarche.

Entre autres, les ateliers de travail ont permis de valider le contenu des questionnaires, de créer un consensus entre les experts et d'identifier huit grands enjeux relatifs aux tendances du marché.

47 projets ont été retenus

L'objectif premier d'une CRT étant de favoriser l'émergence de projets technologiques viables dans tous les secteurs de l'industrie, **47 projets ont été retenus parmi les 116 soumis et analysés par les experts.**

Les critères sur lesquels les experts se sont basés pour arrêter leur choix sont les suivants:

- La pertinence et l'importance relative des projets technologiques soumis;
- Leur échéance de réalisation;
- Les défis et les risques technologiques associés à ces projets;
- Leur impact sur les divers besoins de marché.

Le comité directeur et les spécialistes des différents secteurs ont travaillé de pair pour analyser, valider, organiser et bonifier les informations concernant les tendances de marché et les divers projets technologiques. Le processus de consultation s'est révélé très satisfaisant et révélateur de la position actuelle de l'industrie de l'aluminium.

4e ÉTAPE : RÉDACTION DU RAPPORT SUR LA CRT

Après avoir passé en revue toute la documentation disponible sur l'industrie de l'aluminium, après avoir recueilli les réponses au questionnaire et réuni nos experts dans des ateliers de travail pour en faire ressortir les projets technologiques qui orienteront les actions de l'industrie dans les années à venir, nous avons formé un comité de rédaction et de lecture qui a procédé à la mise en forme du rapport sur la Carte routière technologique de l'industrie canadienne de l'aluminium, dont voici la version finale.

L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM ET LE CANADA

La production mondiale dépassera 27 millions de tonnes en 2003

Cette section se veut être un portrait succinct de l'industrie de l'aluminium au Canada. Elle présente d'abord, les secteurs de la production de l'aluminium et l'industrie des équipementiers, puis les secteurs de la première transformation et finalement les secteurs de la deuxième transformation.

Les différents intervenants de l'industrie de l'aluminium définissent la notion de transformation de maintes manières. Il importe donc de définir les termes utilisés afin d'éviter toute ambiguïté dans la lecture de la Carte routière technologique.

Tel que proposé par l'Association de l'aluminium du Canada, nous définissons la production, la première et la deuxième transformation de l'aluminium comme suit :

Production d'aluminium (de première fusion)

Aluminium produit à partir de matières premières (bauxite, alumine)

Première transformation de l'aluminium

Il s'agit de l'activité de transformation du métal faite à partir de l'aluminium brut. En règle générale, la première transformation donne lieu à la production de biens semi-finis (tôle, profilés, fil machine, etc.) qui entreront dans la fabrication de produits plus complexes ou qui seront ultérieurement transformés. Toutefois, cette activité peut également donner lieu à la production de produits finis (feuille d'aluminium, câbles, etc.). Les principales techniques utilisées dans la première transformation sont le laminage, le tréfilage et l'extrusion.

Deuxième transformation de l'aluminium

Il s'agit de l'activité de transformation faite à partir de l'aluminium ayant subi une première transformation. Le produit ainsi transformé est en général à une étape achevée de production et est considéré comme produit fini (portes, fenêtres, canettes, pièces d'automobiles, etc.)

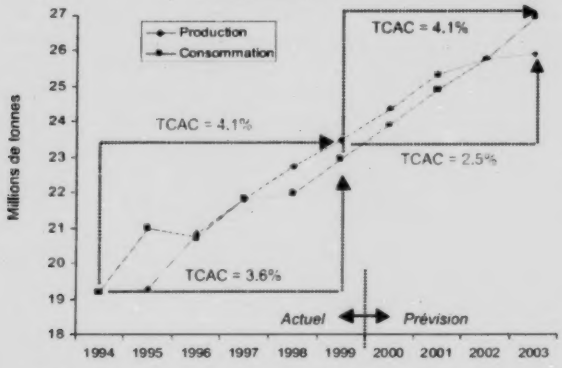
LA PRODUCTION CANADIENNE D'ALUMINIUM

Le procédé industriel d'électrolyse de l'aluminium a été découvert en 1886 par Paul-Louis Toussaint Héroult et Charles Martin Hall. Ce procédé, sans cesse amélioré par la suite, repose sur l'emploi d'un fort courant électrique qui décompose l'alumine. Cette réaction a lieu à l'intérieur de grandes cuves que traverse un courant continu. Le fond de ces cuves sert de cathode. Des blocs de carbone suspendus au-dessus servent d'anodes. À l'intérieur de la cuve, l'alumine se dissout dans un électrolyte de cryolithe et de fluorure d'aluminium. Lorsque le courant électrique traverse ce mélange, en passant de l'anode à la cathode, l'effet recherché se produit. L'aluminium en fusion se dépose dans le fond des cuves, alors que l'oxygène se combine au carbone de l'anode. Les procédés modernes fonctionnent à plus de 300 000 ampères. Ce processus exige de grandes quantités d'énergie électrique variant de 13 à 17 kilowattheures par kilogramme de métal. À intervalles réguliers, l'aluminium est aspiré dans un creuset et transféré dans des fours d'attente, où s'effectue la préparation des alliages. Après le contrôle analytique de sa composition, l'aluminium est habituellement coulé en lingots dont la forme dépend du procédé de transformation auquel ils sont destinés.

La production et la consommation mondiale d'aluminium primaire ne cessent d'augmenter. De 1994 à 1999, la production mondiale d'aluminium primaire a été en constante progression avec un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 4,1% (voir Figure 1). **En 1999, 23,5 millions de tonnes d'aluminium ont été produites**[2]. L'industrie de l'aluminium se caractérise toutefois par une production mondiale supérieure à la consommation. Selon les prévisions, la consommation d'aluminium devrait dépasser la production mondiale vers 2003 pour atteindre 27 millions de tonnes.

Figure 1

Production et consommation mondiale d'aluminium primaire



Source: World Capacity and Market Report for Primary Aluminium, James King, January 20

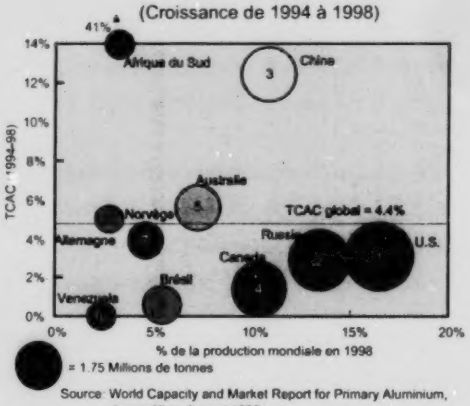
En se basant sur ces données, et en prenant pour acquis qu'aucune récession ne viendra bouleverser ce portrait, l'industrie de l'aluminium devrait, de manière globale, demeurer florissante. Si l'industrie canadienne de l'aluminium se positionne avantageusement sur les marchés mondiaux, elle pourra bénéficier de la croissance anticipée.

Figure 2

Le Canada représente 10,5 % de la production mondiale

Les 10 plus grands pays producteurs d'aluminium de première fusion

(Croissance de 1994 à 1998)



Source: World Capacity and Market Report for Primary Aluminium, James King, August 1999.

Pendant des années, la disponibilité de l'énergie électrique à prix compétitif et le contexte social et économique favorable ont permis au Canada d'occuper la 3e place parmi les pays producteurs d'aluminium. Mais en 1998, la Chine devançait le Canada avec un TCAC de 12 % enregistré au cours des quatre années précédentes (voir Figure 2). Relégué au 4e rang avec 10,5 % de la production mondiale d'aluminium primaire, le Canada se classe maintenant derrière les États-Unis (17 %), la Communauté des États Indépendants (13,5%) et la Chine (12 %).

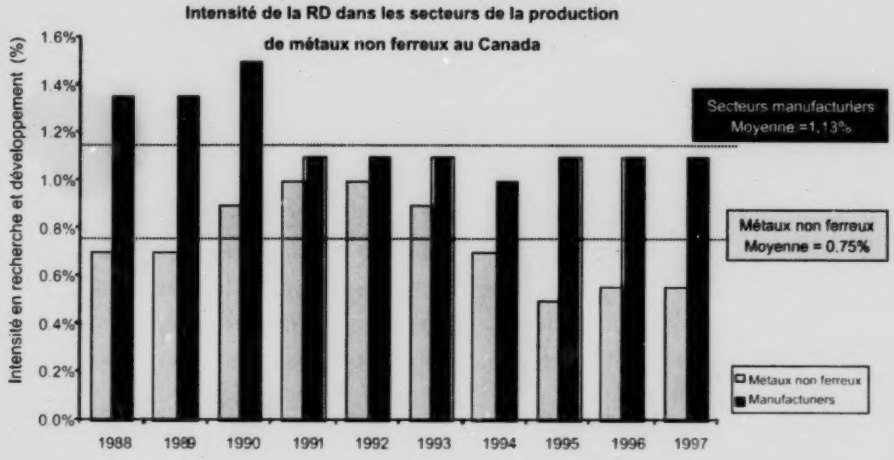
[2] Près de 40 % de la demande mondiale totale d'aluminium est comblée par de l'aluminium recyclé ou dit de seconde fusion.

Depuis 1994, le Canada a perdu 1,3 % de part de marché relative aux dépens de pays ayant des croissances relatives beaucoup plus importantes (Afrique du Sud, Chine, Australie). Par contre, l'addition par Alcan d'une nouvelle aluminerie à Alma (Québec) en 2002 permettra à l'industrie canadienne de l'aluminium de croître suivant les moyennes mondiales et de conserver le 4e rang grâce à sa production accrue d'aluminium.

Manque de RD sur l'aluminium au Canada

Pour conserver une position concurrentielle en tant que chef de file en production d'aluminium, le Canada dépend des efforts consentis pour la réduction des coûts reliés à la production d'aluminium. Malheureusement, au cours des dix dernières années, en ce qui a trait à **la recherche et développement**, la moyenne des activités du secteur de la production et de la transformation de métaux non ferreux **a été presque deux fois moindre (0,75%) que celle des entreprises manufacturières canadiennes** (1,13 %)[3] comme le démontre la figure suivante.

Figure 3



Source: Minerals Yearbook, Aluminum, Natural Resouces Canada, 1998
Note: Intensité en RD = Dépenses en RD / ventes totales

Sur la foi de cette dernière statistique, il est urgent de mettre de l'avant les projets technologiques les plus pertinents et prometteurs dans le but de conserver à l'industrie la place qu'elle occupe, voire même de lui faire gagner des points au rang des plus importants pays producteurs d'aluminium. L'industrie canadienne de l'aluminium ne fait pas assez de recherche et développement, notamment pour réduire ses coûts de production. C'est un enjeu de premier plan pour le Canada car les nouvelles usines de production s'installent dans les pays où les coûts de production sont les plus avantageux.

L'INDUSTRIE DES ÉQUIPEMENTS ET LA PRODUCTION D'ALUMINIUM

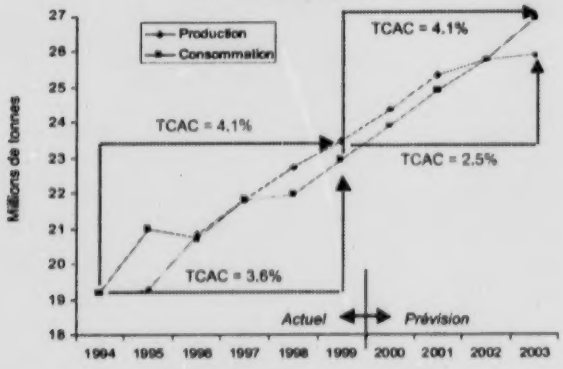
Il existe relativement peu de données sur les équipementiers canadiens, tout particulièrement en ce qui concerne les entreprises privées. De plus, il est difficile de quantifier la taille de ce marché puisque le chiffre d'affaires des équipementiers est réparti dans plusieurs comptabilités nationales et n'est pas calculé comme tel par aucun organisme international. Bien que peu de données soient disponibles, certaines tendances concernant les équipementiers canadiens peuvent être dégagées.

[3] Source : Minerals Yearbook, Aluminum, Natural Resources Canada, 1998.

La production et la consommation mondiale d'aluminium primaire ne cessent d'augmenter. De 1994 à 1999, la production mondiale d'aluminium primaire a été en constante progression avec un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 4,1% (voir Figure 1). **En 1999, 23,5 millions de tonnes d'aluminium ont été produites**[2]. L'industrie de l'aluminium se caractérise toutefois par une production mondiale supérieure à la consommation. Selon les prévisions, la consommation d'aluminium devrait dépasser la production mondiale vers 2003 pour atteindre 27 millions de tonnes.

Figure 1

Production et consommation mondiale d'aluminium primaire



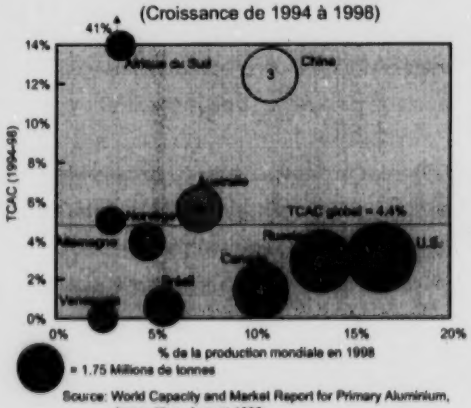
Source: World Capacity and Market Report for Primary Aluminium, James King, January 20

En se basant sur ces données, et en prenant pour acquis qu'aucune récession ne viendra bouleverser ce portrait, l'industrie de l'aluminium devrait, de manière globale, demeurer florissante. Si l'industrie canadienne de l'aluminium se positionne avantageusement sur les marchés mondiaux, elle pourra bénéficier de la croissance anticipée.

Figure 2

Le Canada représente 10,5 % de la production mondiale

Les 10 plus grands pays producteurs d'aluminium de première fusion
(Croissance de 1994 à 1998)



Source: World Capacity and Market Report for Primary Aluminium, James King, August 1999.

Pendant des années, la disponibilité de l'énergie électrique à prix compétitif et le contexte social et économique favorable ont permis au Canada d'occuper la 3e place parmi les pays producteurs d'aluminium. Mais en 1998, la Chine devançait le Canada avec un TCAC de 12 % enregistré au cours des quatre années précédentes (voir Figure 2). Relégué au 4e rang avec 10,5 % de la production mondiale d'aluminium primaire, le Canada se classe maintenant derrière les États-Unis (17 %), la Communauté des États Indépendants (13,5%) et la Chine (12 %).

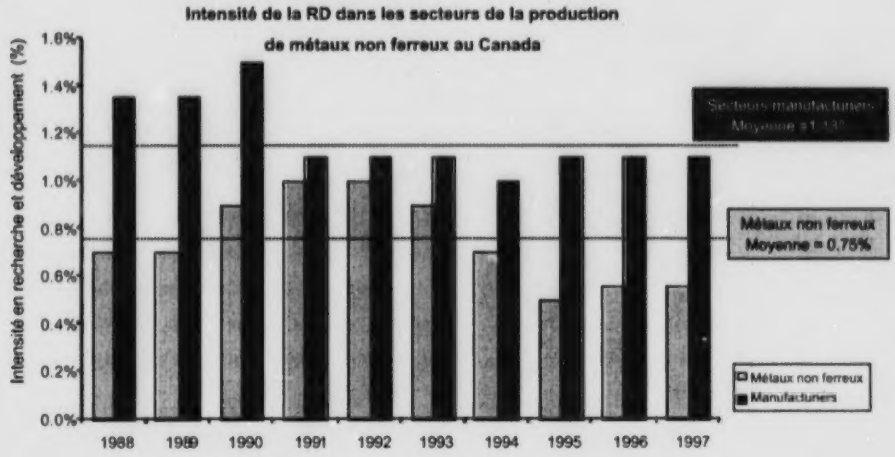
[2] Près de 40 % de la demande mondiale totale d'aluminium est comblée par de l'aluminium recyclé ou dit de seconde fusion.

Depuis 1994, le Canada a perdu 1,3 % de part de marché relative aux dépens de pays ayant des croissances relatives beaucoup plus importantes (Afrique du Sud, Chine, Australie). Par contre, l'addition par Alcan d'une nouvelle aluminerie à Alma (Québec) en 2002 permettra à l'industrie canadienne de l'aluminium de croître suivant les moyennes mondiales et de conserver le 4e rang grâce à sa production accrue d'aluminium.

Manque de RD sur l'aluminium au Canada

Pour conserver une position concurrentielle en tant que chef de file en production d'aluminium, le Canada dépend des efforts consentis pour la réduction des coûts reliés à la production d'aluminium. Malheureusement, au cours des dix dernières années, en ce qui a trait à **la recherche et développement**, la moyenne des activités du secteur de la production et de la transformation de métaux non ferreux **a été presque deux fois moindre (0,75%) que celle des entreprises manufacturières canadiennes** (1,13 %)[3] comme le démontre la figure suivante.

Figure 3



Source: Minerals Yearbook, Aluminium, Natural Resouces Canada, 1998.
Note: Intensité en RD = Dépenses en RD / ventes totales.

Sur la foi de cette dernière statistique, il est urgent de mettre de l'avant les projets technologiques les plus pertinents et prometteurs dans le but de conserver à l'industrie la place qu'elle occupe, voire même de lui faire gagner des points au rang des plus importants pays producteurs d'aluminium. L'industrie canadienne de l'aluminium ne fait pas assez de recherche et développement, notamment pour réduire ses coûts de production. C'est un enjeu de premier plan pour le Canada car les nouvelles usines de production s'installent dans les pays où les coûts de production sont les plus avantageux.

L'INDUSTRIE DES ÉQUIPEMENTS ET LA PRODUCTION D'ALUMINIUM

Il existe relativement peu de données sur les équipementiers canadiens, tout particulièrement en ce qui concerne les entreprises privées. De plus, il est difficile de quantifier la taille de ce marché puisque le chiffre d'affaires des équipementiers est réparti dans plusieurs comptabilités nationales et n'est pas calculé comme tel par aucun organisme international. Bien que peu de données soient disponibles, certaines tendances concernant les équipementiers canadiens peuvent être dégagées.

[3] Source : Minerals Yearbook, Aluminum, Natural Resources Canada, 1998.

ÉMERGENCE DE L'INDUSTRIE DES ÉQUIPEMENTIERS

L'industrie de l'aluminium a approximativement cent ans. Au cours des cinquante premières années, quelques grands producteurs se partageaient le marché. Ils disposaient d'importants bureaux d'études et d'ateliers de fabrication capables de développer et parfois aussi de fabriquer les équipements dont ils avaient besoin. Les cinquante dernières années ont vu l'émergence d'équipementiers d'envergure globale, capables de fournir de l'équipement spécialisé à l'industrie de l'aluminium partout dans le monde. De bons exemples de ce type d'équipement sont les cuves d'électrolyse, les tables de coulée semi-continue et les changeurs d'anodes.

Plusieurs grands producteurs d'aluminium tels Péchiney, Alcoa, Alusuisse et Alcan figurent encore, à un degré variable, parmi les grands équipementiers. Cependant, on peut affirmer que les producteurs d'aluminium primaire se concentrent maintenant davantage sur l'exploitation optimale du capital considérable qu'ils ont investi car le développement de nouveaux équipements se fait en collaboration avec les équipementiers. Bref, les équipementiers possèdent maintenant des pans importants de la technologie de production de l'aluminium et plusieurs, tels Wagstaff (moules de coulée semi-continue), ECL (changeur d'anodes), KHD (fabrication d'anodes), agissent comme des chefs de file dans leur domaine.

Normes élevées de performance

L'industrie de l'aluminium est soumise par les exigences de sa clientèle et de la population à des normes de performance très élevées. Ces exigences touchent notamment la qualité du produit, le prix de revient, la fiabilité des livraisons, les relations de travail et la sécurité dans les usines, ainsi que la protection de l'environnement. Les conditions qui en découlent se répercutent sur les équipementiers qui se retrouvent essentiellement avec les mêmes responsabilités. De plus, l'industrie est mature : son fonctionnement est maintenant basé sur un corpus important de connaissances scientifiques et techniques dont les équipementiers doivent posséder l'essentiel, dans les limites de leur domaine d'activité. Finalement, comme plusieurs producteurs d'aluminium sont des entreprises mondiales, leurs fournisseurs d'équipement se doivent d'œuvrer dans un cadre international.

LES DÉFIS DES ÉQUIPEMENTIERS CANADIENS

L'importance considérable de la production d'aluminium au Canada ne doit pas faire oublier que 90 % de la production d'aluminium primaire est réalisée hors des frontières canadiennes. De plus, la longévité des équipements est élevée (entre 10 ans à 50 ans et même plus) et la continuité des nouveaux investissements n'existe que sur une base mondiale.

À l'assaut des marchés internationaux

Il s'ensuit que les entreprises canadiennes de ce secteur font partie d'un marché d'exportation, dans lequel elles retrouvent des concurrents, souvent les mêmes, qui fonctionnent dans des conditions similaires. Sur ce marché, les grandes technologies porteuses viennent des pays de l'Europe de l'Ouest et des États-Unis. De plus, les entreprises de ces pays ont traditionnellement équipé l'industrie de l'aluminium primaire en exclusivité ; elles bénéficient donc d'avantages concurrentiels majeurs.

Au Canada, on dénombre une douzaine d'équipementiers importants qui se spécialisent dans divers types d'équipements. Parmi ces ceux-ci, trois sont de calibre international. Les autres équipementiers de plus petite taille ont pu bâtir leur expertise sur le marché local grâce aux projets de construction d'alumineries canadiennes qui ont eu lieu au cours des dernières décennies.

Potentiel de croissance énorme

Le potentiel de croissance des équipementiers canadiens est énorme. L'expertise canadienne pourrait être davantage exploitée sur les marchés mondiaux, dans des pays comme la Chine ou l'Afrique du Sud, où des projets de construction sont en cours. Toutefois, bien que leur potentiel soit grand, de nombreux défis restent encore à relever, tels que :

- Se rapprocher davantage des producteurs canadiens d'aluminium primaire, chez lesquels ils retrouvent la majorité des technologies exploitées dans le monde, pour identifier les opportunités d'affaires, recueillir de l'information privilégiée et éventuellement faire la démonstration de nouvelles améliorations technologiques. À cet effet, des modes de collaboration plus formelle sont nécessaires;
- À l'égal de leurs clients, atteindre ou maintenir la classe mondiale en ce qui a trait aux connaissances scientifiques et technologiques dans leur domaine. Pour cela, il sera nécessaire d'établir des partenariats avec des universités, des centres de RD gouvernementaux et d'autres entreprises;
- Développer des technologies novatrices. Plusieurs produits commercialisés par les équipementiers canadiens le sont sous licence;
- Commercialiser et promouvoir les équipements canadiens à travers le monde.

LE CANADA POURRAIT-IL RÉDUIRE SES IMPORTATIONS DE PRODUITS SEMI-FINIS?

Le Canada, deuxième plus grand exportateur d'aluminium

En 1999, le Canada a produit 2,38 millions de tonnes d'aluminium, dont 90 % en provenance du Québec[4]. Près de 85 % de la production canadienne est exportée vers les États-Unis, l'Europe et l'Asie[5]. Avec 15 % des exportations mondiales d'aluminium, le Canada est le deuxième plus grand exportateur d'aluminium primaire derrière la CEI (22 %)[6]. Plus de 80 % de l'aluminium canadien est exporté sous forme de lingots[7].

Selon Aluminum Statistical Review (1997), bien que le Canada soit l'un des plus grands producteurs d'aluminium, il importe annuellement 0,55 million de tonnes d'aluminium. 75% de ces importations sont des produits semi-finis (produits extrudés, laminés et moulés) fabriqués aux États-Unis et en Europe. Selon les experts, si on la compare à la consommation nationale d'aluminium primaire, la proportion de ces importations est très élevée.

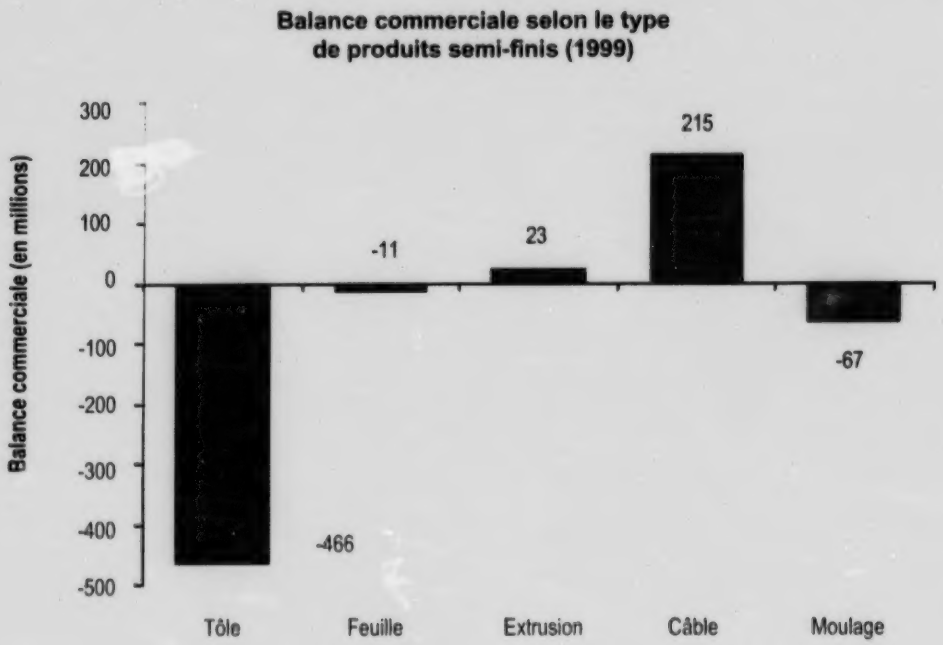
Selon les dernières statistiques d'Industrie Canada, **la tôle constitue la majeure partie des importations** et est, par conséquent, fortement responsable de la **balance commerciale négative canadienne**, avec un déficit annuel de **466 millions de dollars** (voir Figure 4). Au Canada comme ailleurs dans le monde, le secteur de l'aéronautique est un très grand utilisateur de tôle. Canadair, par exemple, importe une grande quantité de tôle provenant des marchés américains.

Les produits moulés contribuent également à accentuer la balance commerciale négative canadienne, avec un déficit de 67 millions de dollars.

---

4 Source : Minerals Yearbook, Aluminium, Natural Resources Canada, 1998.
5 Source : L'Association de l'aluminium du Canada.
6 Source : World Capacity and Market Report for Primary Aluminum, James King, August 1999.
7 Source : The Aluminum Statistical Review, 1997.

Figure 4



Source: Industrie Canada, The Aluminium Semi-fabricating Industry, 1999

Cette situation particulière où le Canada se retrouve, à la fois grand producteur et grand exportateur d'aluminium, s'explique principalement par la nature de l'industrie canadienne de l'aluminium. La proximité d'un réseau hydroélectrique et la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée favorisent la production d'aluminium, notamment au Québec. Par contre, la transformation de lingots en produits semi-finis se fait souvent à proximité des grands marchés de consommation comme les États-Unis. La localisation des usines et la logistique d'approvisionnement sont des variables clés de la rentabilité des opérations de transformation primaire et secondaire. Voilà qui explique en partie pourquoi le Canada est à la fois un grand exportateur et un importateur d'aluminium.

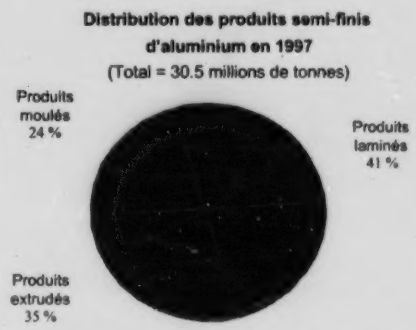
Une question s'impose : **des entreprises canadiennes pourraient-elles fabriquer ici des produits semi-finis fabriqués ailleurs à partir d'aluminium primaire canadien** ? Cette question est complexe et nécessite une analyse coûts/bénéfices approfondie. Les institutions canadiennes peuvent toutefois entamer leur processus de réflexion en ce sens.

LES SECTEURS DE PREMIÈRE TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM

Croissance soutenue des produits semi-finis

La production mondiale de produits semi-finis de l'aluminium a connu une croissance soutenue de l'ordre de 6 % au cours des cinq dernières années. La production mondiale de produits semi-finis qui s'élevait à plus de **30,5 millions de tonnes** en 1997 se répartit en trois grands secteurs tels que représentés dans la figure ci-contre : les produits laminés (41 %), les produits extrudés (35 %) et les produits moulés (24 %). Bien que les produits extrudés et laminés représentent les applications d'usage en forte demande pour les utilisateurs d'aluminium, il n'en demeure pas moins que le moulage connaît une croissance substantielle compte tenu de son importance dans l'industrie du transport, notamment dans le secteur de l'automobile.

Figure 5



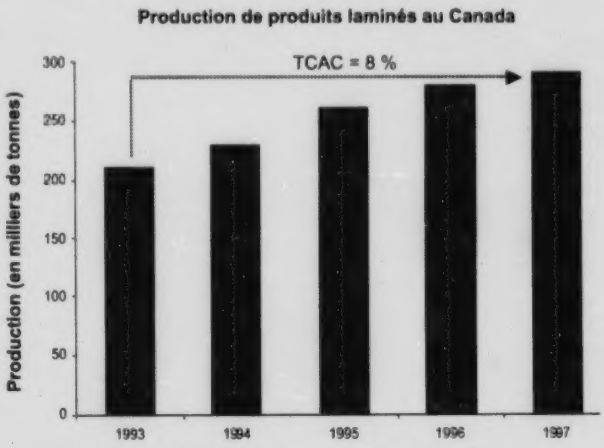
Source: World Capacity and Production Report, James King, June 199

Ainsi, au cours de la période 1993-1997, les produits laminés représentaient 41 % du marché, avec une croissance annuelle de 5 %, tandis que les produits moulés enregistraient une croissance de 7 % annuellement, bien qu'ils ne représentent que 24 % du tonnage mondial. Pour leur part, les produits extrudés (35 %) ont crû de 6,5 % de 1993 à 1997.

LES PRODUITS LAMINÉS

Le laminage de l'aluminium débute le plus souvent par l'amincissement d'une plaque épaisse de première coulée. La plaque est d'abord préchauffée afin de l'amollir et de l'homogénéiser, puis soumise à un va-et-vient répété entre des cylindres compresseurs qui se resserrent à chaque passe. La plaque est ainsi amincie et allongée, sans que sa largeur en soit modifiée. Le laminage se poursuit généralement à froid et amène graduellement la plaque à l'état de tôle plus ou moins épaisse.

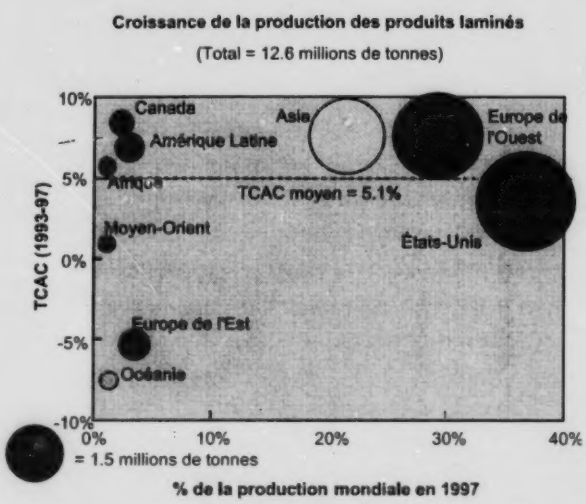
Figure 6



Source: World Capacity and Production Report, James King, June 1998

En 1997, le Canada a produit 290 000 tonnes de produits laminés comme l'illustre la Figure 6. Même s'il ne représente que 2,3 % de la production mondiale de produits laminés, **le Canada a connu la meilleure croissance annuelle** avec un taux de 8 % depuis 1993 comme le montre la figure ci-contre. Les grands producteurs mondiaux de produits laminés sont les États-Unis (37 %), l'Europe de l'Ouest (28 %) et l'Asie (22 %).

Figure 7



LES PRODUITS EXTRUDÉS

L'extrusion consiste à presser une billette préalablement chauffée dans une filière d'acier. Le métal est façonné sur toute sa longueur selon le profil de la filière, un peu comme le glaçage sortant de la douille du pâtissier. Pour obtenir des tuyaux extrudés et des profilés creux, on place un mandrin dans l'ouverture de la filière. Forcé entre le mandrin et la filière, l'aluminium prend la forme du mandrin à l'intérieur et la forme de la filière à l'extérieur. Les profilés servent généralement à la fabrication de portes, de cadres de fenêtres et de revêtements muraux, de lampadaires et de meubles de jardin. Ils peuvent aussi servir à la construction de voitures, de wagons, de remorques, d'avions et de super structures de navires.

Au Canada, la production de produits extrudés s'élevait à 190 000 tonnes en 1997 (*voir* Figure 8). Depuis 1993, **le Canada a connu la plus grande croissance annuelle en extrusion**, soit 10 % (voir Figure 9). Les autres grands producteurs sont l'Asie (38 %), l'Europe de l'Ouest (26 %) et les États-Unis (19 %). Malgré ce fort Taux de croissance annuel composé (TCAC), la production canadienne d'extrusion ne représente que 2,3 % de la production mondiale.

Figure 8

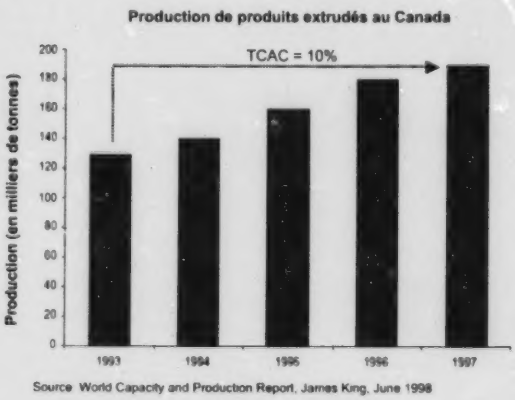
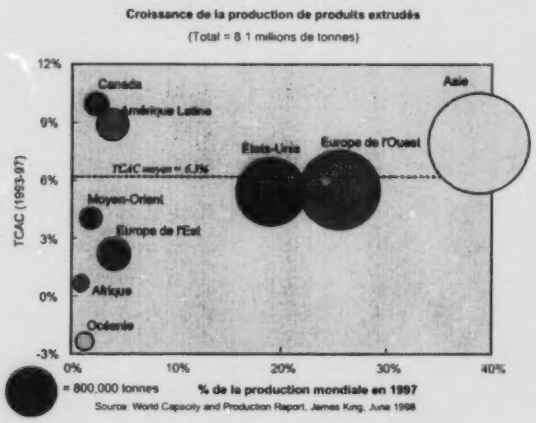


Figure 9

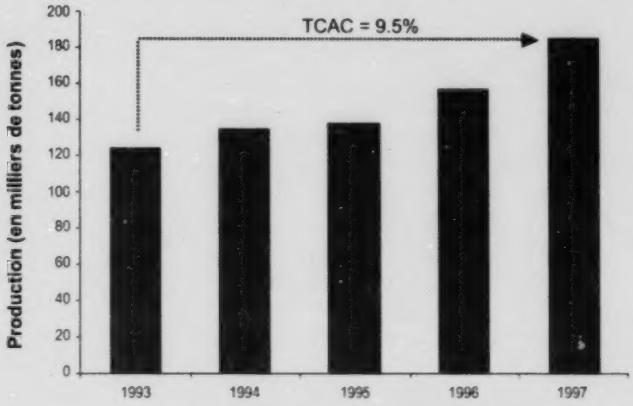


LES PRODUITS MOULÉS Le moulage est un procédé qui permet d'obtenir des produits de formes diverses en coulant l'aluminium en fusion dans des moules. Les principales techniques utilisées sont le moulage sous pression, le moulage en coquille et le moulage au sable.

Comme le démontrent les figures suivantes, en 1997, le Canada produisait 185 000 tonnes de produits moulés, ce qui correspond à 2,5 % de la production mondiale qui atteint 7,4 millions de tonnes. **Le Canada figure parmi les pays ayant la plus forte croissance annuelle** depuis 1993, avec un TCAC de 9,5 %. Encore une fois, l'Asie, les États-Unis et l'Europe de l'Ouest sont les plus importants pays dans le secteur du moulage.

Figure 10

Production de produits moulés au Canada

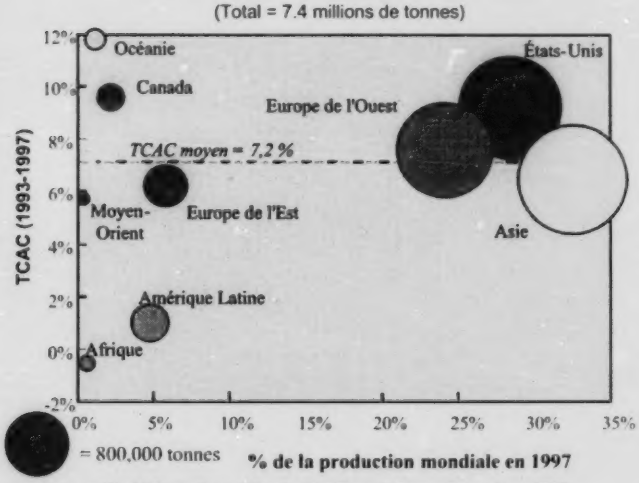


Source: World Capacity and Production Report, James King, June 1998

Figure 11

Croissance de la production de produits moulés

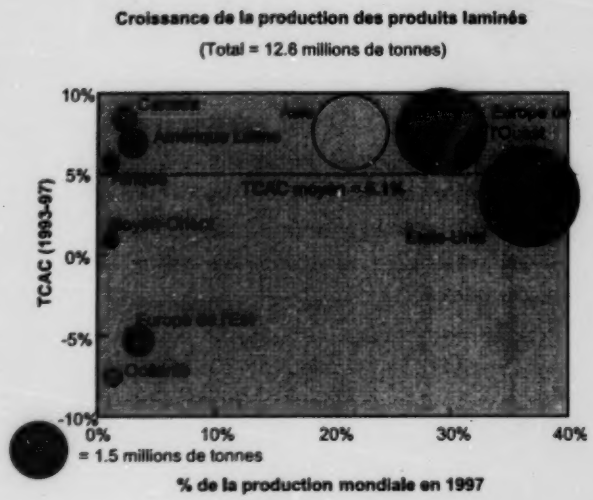
(Total = 7.4 millions de tonnes)



Source: World Capacity and Production Report, James King, June 1998

En 1997, le Canada a produit 290 000 tonnes de produits laminés comme l'illustre la Figure 6. Même s'il ne représente que 2,3 % de la production mondiale de produits laminés, **le Canada a connu la meilleure croissance annuelle** avec un taux de 8 % depuis 1993 comme le montre la figure ci-contre. Les grands producteurs mondiaux de produits laminés sont les États-Unis (37 %), l'Europe de l'Ouest (28 %) et l'Asie (22 %).

Figure 7



LES PRODUITS EXTRUDÉS

L'extrusion consiste à presser une billette préalablement chauffée dans une filière d'acier. Le métal est façonné sur toute sa longueur selon le profil de la filière, un peu comme le glaçage sortant de la douille du pâtissier. Pour obtenir des tuyaux extrudés et des profilés creux, on place un mandrin dans l'ouverture de la filière. Forcé entre le mandrin et la filière, l'aluminium prend la forme du mandrin à l'intérieur et la forme de la filière à l'extérieur. Les profilés servent généralement à la fabrication de portes, de cadres de fenêtres et de revêtements muraux, de lampadaires et de meubles de jardin. Ils peuvent aussi servir à la construction de voitures, de wagons, de remorques, d'avions et de super structures de navires.

Au Canada, la production de produits extrudés s'élevait à 190 000 tonnes en 1997 (*voir* Figure 8). Depuis 1993, **le Canada a connu la plus grande croissance annuelle en extrusion**, soit 10 % (voir Figure 9). Les autres grands producteurs sont l'Asie (38 %), l'Europe de l'Ouest (26 %) et les États-Unis (19 %). Malgré ce fort Taux de croissance annuel composé (TCAC), la production canadienne d'extrusion ne représente que 2,3 % de la production mondiale.

Figure 8

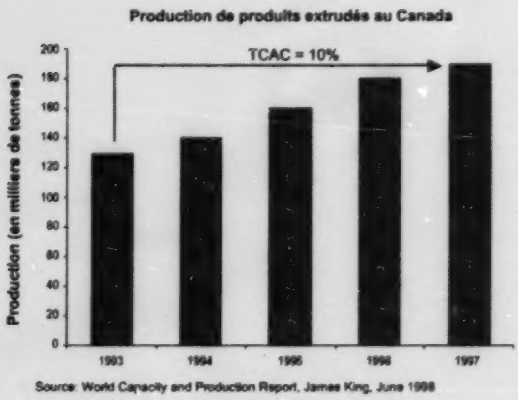
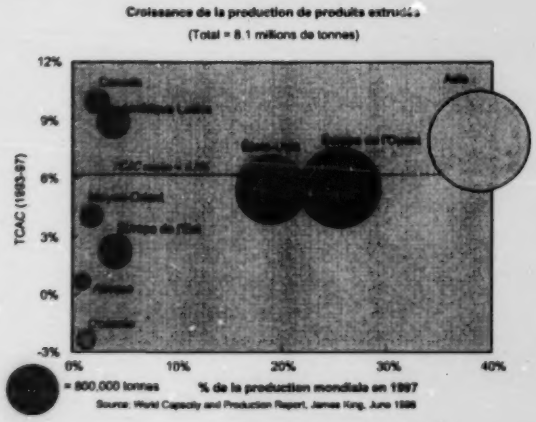


Figure 9

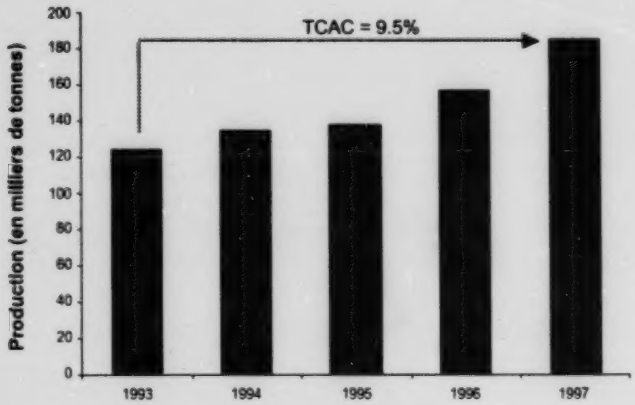


LES PRODUITS MOULÉS Le moulage est un procédé qui permet d'obtenir des produits de formes diverses en coulant l'aluminium en fusion dans des moules. Les principales techniques utilisées sont le moulage sous pression, le moulage en coquille et le moulage au sable.

Comme le démontrent les figures suivantes, en 1997, le Canada produisait 185 000 tonnes de produits moulés, ce qui correspond à 2,5 % de la production mondiale qui atteint 7,4 millions de tonnes. **Le Canada figure parmi les pays ayant la plus forte croissance annuelle** depuis 1993, avec un TCAC de 9,5 %. Encore une fois, l'Asie, les États-Unis et l'Europe de l'Ouest sont les plus importants pays dans le secteur du moulage.

Figure 10

Production de produits moulés au Canada

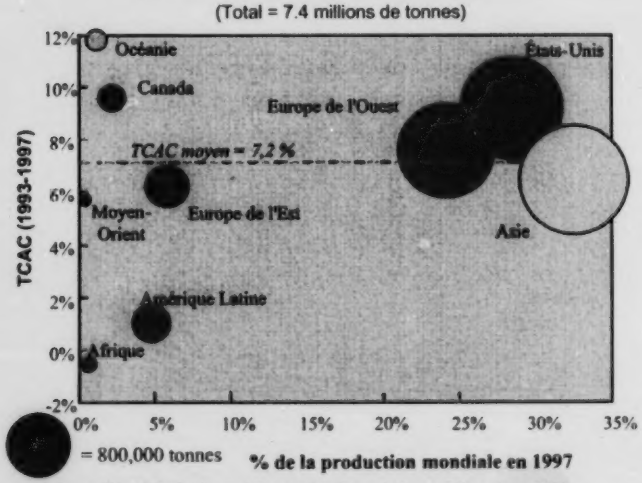


Source: World Capacity and Production Report, James King, June 1998

Figure 11

Croissance de la production de produits moulés

(Total = 7.4 millions de tonnes)



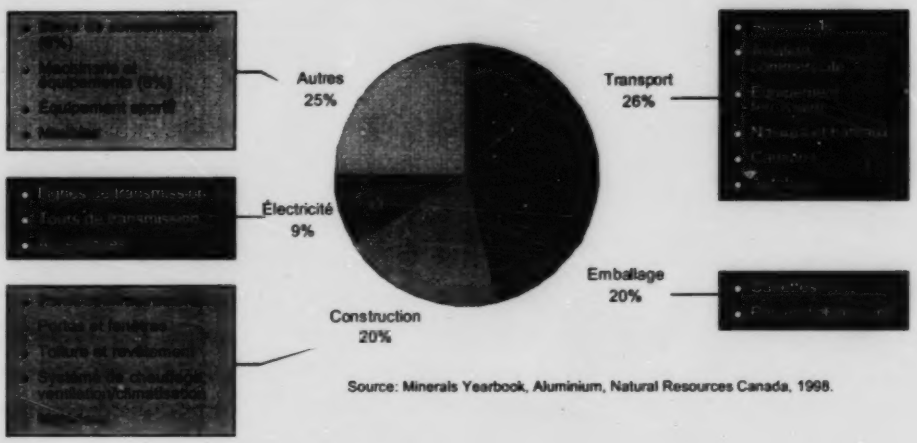
Source: World Capacity and Production Report, James King, June 1998

LES SECTEURS DE LA DEUXIÈME TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM

Actuellement, la consommation mondiale d'aluminium est concentrée dans quatre grands secteurs industriels : **le transport, l'emballage, la construction et l'électricité, qui comptaient pour 75 % de l'aluminium consommé en 1998** (voir Figure 12). Pour la période de 1995 à 2015, on prévoit que les secteurs du transport et de l'emballage et contenants connaîtront les plus grandes croissances annuelles (voir Figure 13). Les prochaines figures font un constat de cette réalité et de ces prévisions.

Figure 12

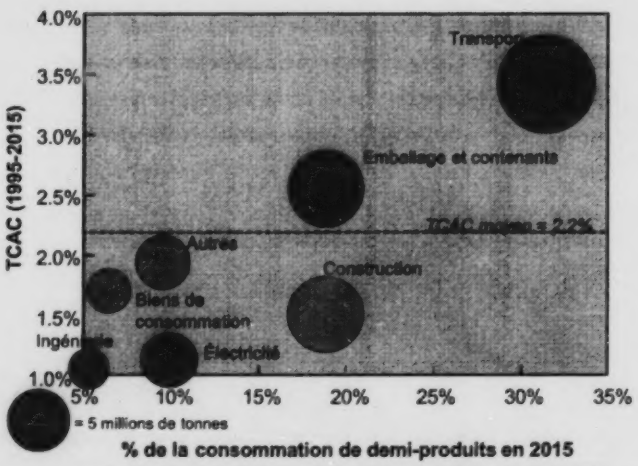
Consommation mondiale d'aluminium primaire en 1998
(Total - 22.1 millions de tonnes)



Source: Minerals Yearbook, Aluminium, Natural Resources Canada, 1998.

Figure 13

Consommation de produits semi-finis d'aluminium
selon les secteurs secondaires en Amérique
(1995-2015)



Source: The Economist Intelligence Unit, Aluminium to 2015, November 1997.

PRODUITS FINIS RELIÉS AU TRANSPORT

L'industrie du transport demeure le secteur d'activité le plus important en ce qui a trait à l'utilisation de l'aluminium, avec **une part de marché de plus de 26 %.** Cette industrie comprend l'automobile et les véhicules utilitaires, les camions, les autobus, l'aviation commerciale, les équipements ferroviaires (trains), les navires et les bateaux en tous genres (incluant les produits récréatifs).

À titre indicatif, on estime que 90 % des camions remorques et des autobus possèdent des carrosseries en aluminium. Les composantes en aluminium peuvent réduire de 1 800 kg le poids d'un camion remorque et ainsi engendrer des économies de carburant qui excèdent largement la quantité d'énergie nécessaire à la production de cet aluminium.

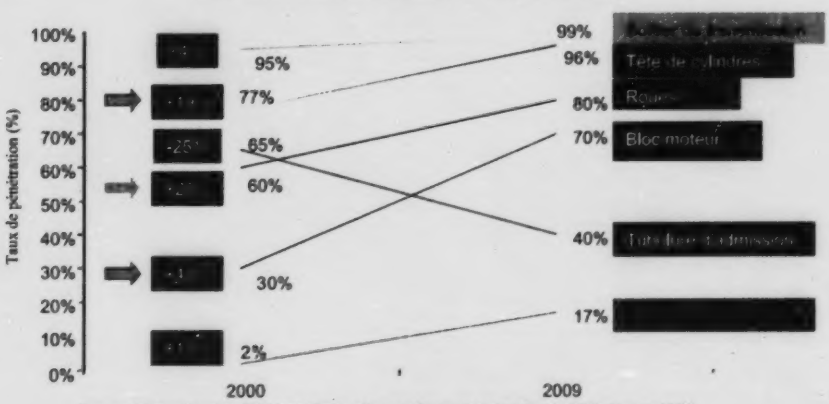
Les petits véhicules utilitaires en aluminium sont 45 % moins lourds que ceux en acier, ce qui permet de transporter de plus grosses charges sur des châssis plus petits. Les coûts d'achat et d'entretien s'en trouvent réduits. L'aluminium est également utilisé pour les wagons de chemin de fer : un wagon couvert d'une capacité de 100 tonnes construit en aluminium peut peser jusqu'à 10 tonnes de moins que les wagons construits en acier. L'utilisation de l'aluminium dans les constructions navales permet également une réduction de poids. En incorporant 2 000 tonnes d'aluminium dans leur structure, les grands paquebots réduisent leur masse totale de 8 000 tonnes. L'aluminium demeure le matériau de prédilection en aviation, secteur où les enjeux de poids et de consommation de carburant sont critiques. Un avion de poids moyen est composé à 80 % d'aluminium.

Percées importantes dans le secteur de l'automobile

Au fil des ans, l'aluminium devient de plus en plus populaire dans le secteur de l'automobile. De 1991 à 1999, la quantité d'aluminium utilisée dans la production de véhicules en Amérique du Nord, au Japon et en Europe de l'Ouest[8], a augmenté de 5 % annuellement. Comme il est prévu qu'en Amérique du Nord, la production de véhicules dépassera 58 millions en 2001[9], cette tendance devrait avoir un impact considérable sur l'industrie. Selon les prédictions des spécialistes de l'industrie, le bloc moteur (+40 %), les roues (+20 %) et les têtes de cylindre (+19 %) sont les composantes automobiles qui accuseront la plus forte transition vers l'aluminium entre 2000 et 2009 (voir Figure 14).

Figure 14

Pénétration des pièces moulées en aluminium dans le secteur de l'automobile aux États-Unis



Source: Modern Casting, Total U.S. Casting Demand Forecast to Contract in 2000, January 2000

[8] Ducker Research Company, Passenger Car and Light Truck Aluminum Content Report, 1999.

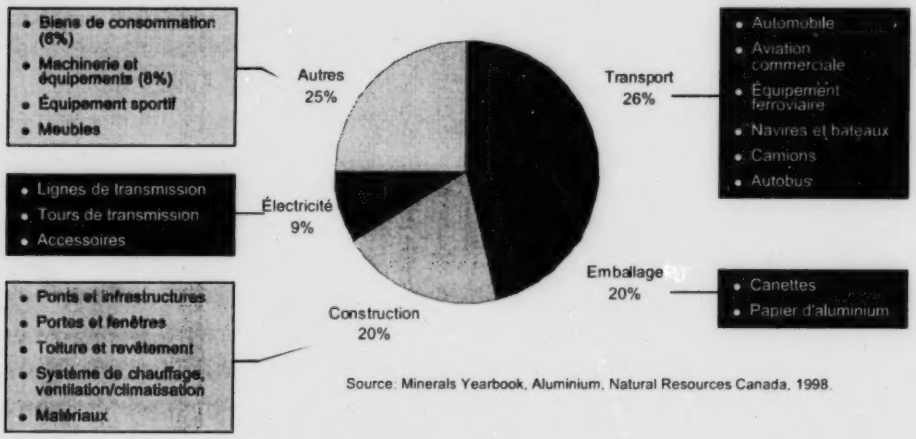
[9] Ward's Automotive Yearbook, 1987-1996, DRI-McGrawHill.

LES SECTEURS DE LA DEUXIÈME TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM

Actuellement, la consommation mondiale d'aluminium est concentrée dans quatre grands secteurs industriels : **le transport, l'emballage, la construction et l'électricité, qui comptaient pour 75 % de l'aluminium consommé en 1998** (voir Figure 12). Pour la période de 1995 à 2015, on prévoit que les secteurs du transport et de l'emballage et contenants connaîtront les plus grandes croissances annuelles (voir Figure 13). Les prochaines figures font un constat de cette réalité et de ces prévisions.

Figure 12

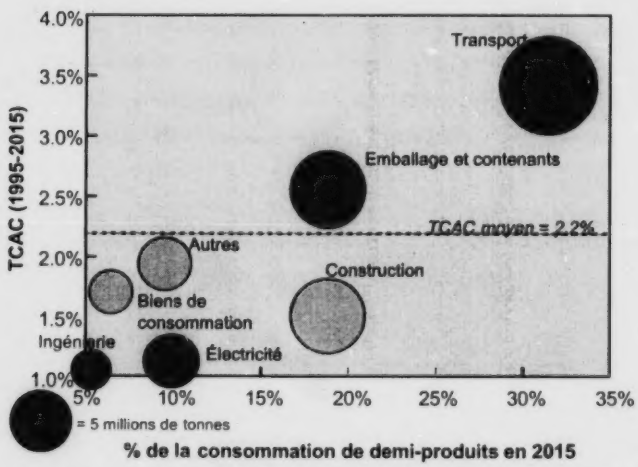
Consommation mondiale d'aluminium primaire en 1998
(Total - 22.1 millions de tonnes)



Source: Minerals Yearbook, Aluminium, Natural Resources Canada, 1998.

Figure 13

Consommation de produits semi-finis d'aluminium
selon les secteurs secondaires en Amérique
(1995-2015)



Source: The Economist Intelligence Unit, Aluminium to 2015, November 1997.

PRODUITS FINIS RELIÉS AU TRANSPORT

L'industrie du transport demeure le secteur d'activité le plus important en ce qui a trait à l'utilisation de l'aluminium, avec **une part de marché de plus de 26 %**. Cette industrie comprend l'automobile et les véhicules utilitaires, les camions, les autobus, l'aviation commerciale, les équipements ferroviaires (trains), les navires et les bateaux en tous genres (incluant les produits récréatifs).

À titre indicatif, on estime que 90 % des camions remorques et des autobus possèdent des carrosseries en aluminium. Les composantes en aluminium peuvent réduire de 1 800 kg le poids d'un camion remorque et ainsi engendrer des économies de carburant qui excèdent largement la quantité d'énergie nécessaire à la production de cet aluminium.

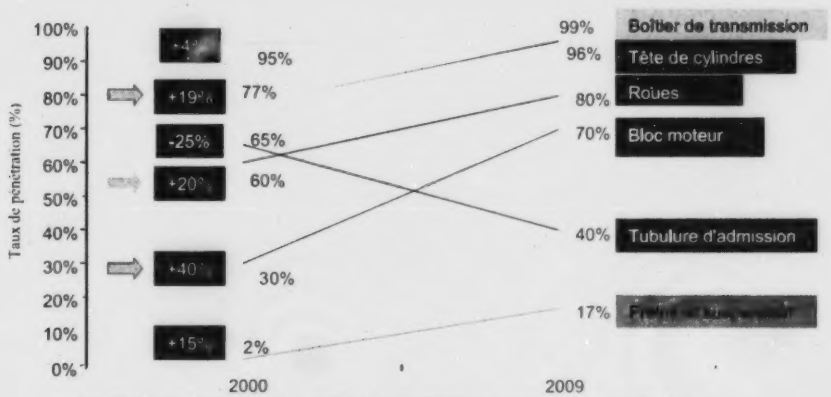
Les petits véhicules utilitaires en aluminium sont 45 % moins lourds que ceux en acier, ce qui permet de transporter de plus grosses charges sur des châssis plus petits. Les coûts d'achat et d'entretien s'en trouvent réduits. L'aluminium est également utilisé pour les wagons de chemin de fer : un wagon couvert d'une capacité de 100 tonnes construit en aluminium peut peser jusqu'à 10 tonnes de moins que les wagons construits en acier. L'utilisation de l'aluminium dans les constructions navales permet également une réduction de poids. En incorporant 2 000 tonnes d'aluminium dans leur structure, les grands paquebots réduisent leur masse totale de 8 000 tonnes. L'aluminium demeure le matériau de prédilection en aviation, secteur où les enjeux de poids et de consommation de carburant sont critiques. Un avion de poids moyen est composé à 80 % d'aluminium.

Percées importantes dans le secteur de l'automobile

Au fil des ans, l'aluminium devient de plus en plus populaire dans le secteur de l'automobile. De 1991 à 1999, la quantité d'aluminium utilisée dans la production de véhicules en Amérique du Nord, au Japon et en Europe de l'Ouest[8], a augmenté de 5 % annuellement. Comme il est prévu qu'en Amérique du Nord, la production de véhicules dépassera 58 millions en 2001[9], cette tendance devrait avoir un impact considérable sur l'industrie. Selon les prédictions des spécialistes de l'industrie, le bloc moteur (+40 %), les roues (+20 %) et les têtes de cylindre (+19 %) sont les composantes automobiles qui accuseront la plus forte transition vers l'aluminium entre 2000 et 2009 (voir Figure 14).

Figure 14

Pénétration des pièces moulées en aluminium dans le secteur de l'automobile aux États-Unis



Source: Modern Casting, Total U.S. Casting Demand Forecast to Contract in 2000, January 2000

[8] Ducker Research Company, Passenger Car and Light Truck Aluminum Content Report, 1999.

[9] Ward's Automotive Yearbook, 1987-1996, DRI-McGrawHill.

PRODUITS FINIS RELIÉS AUX CONTENANTS ET À L'EMBALLAGE

La feuille d'aluminium est très répandue dans le domaine de l'emballage de produits alimentaires, où elle agit à la fois comme contenant et comme pellicule protectrice. Versatile, elle supporte aussi bien la chaleur que le froid et se stérilise facilement. C'est une excellente barrière contre les liquides, les vapeurs et la lumière. En plus de servir à l'emballage d'aliments, la feuille d'aluminium sert à l'emballage de différents produits pharmaceutiques et cosmétiques. Les contenants et les produits d'emballage représentent **20 % de l'ensemble de la consommation d'aluminium** de seconde transformation.

PRODUITS FINIS RELIÉS À LA CONSTRUCTION

La construction demeure un secteur d'utilisation courante de l'aluminium. On s'en sert dans la fabrication de portes et fenêtres, de revêtements extérieurs, de systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, et de divers matériaux de construction. L'aluminium est de plus en plus utilisé dans la construction et la réfection de grandes structures comme les ponts et les édifices. En Europe notamment, ces pratiques sont bien établies. Le secteur de la construction compte pour **20 % de la consommation des produits finis de seconde transformation**.

PRODUITS FINIS RELIÉS AU SECTEUR DE L'ÉLECTRICITÉ

Depuis la Seconde Guerre mondiale, l'aluminium a remplacé le cuivre comme principal matériau des lignes de transmission à haute tension et son utilité, encore de nos jours, est incontestée. L'aluminium demeure le moyen le plus économique de transmettre la puissance électrique : à poids égal, il transporte deux fois plus d'électricité que le cuivre. On l'utilise dans la mise en place des lignes de transmission, la construction des tours de transmission et d'accessoires divers. Le secteur de l'électricité **représente 9 % de la consommation d'aluminium**.

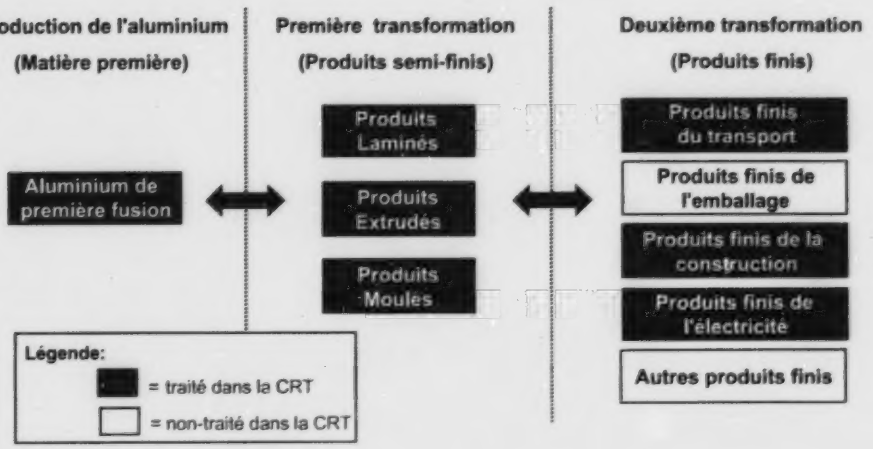
AUTRES PRODUITS FINIS

L'aluminium est utilisé dans une multitude d'autres secteurs comme les biens de consommation (6 %), la machinerie et les équipements lourds (8%), les équipements sportifs, les meubles, le design industriel, les produits novateurs, etc. Dans l'ensemble, ces niches de marché représentent 25 % de la consommation mondiale de l'aluminium. L'Europe, par exemple, se sert beaucoup de l'aluminium dans le développement de produits design (produits novateurs). En Amérique du Nord, le design avec composantes en aluminium en est à ses premières percées et représente une opportunité de développement de marché à fort potentiel.

Seuls les secteurs du transport, de la construction et de l'électricité ont été pris en compte pour l'élaboration de la première édition de la Carte routière technologique (voir Figure 15). Malgré sa taille, le secteur de l'emballage n'a pas été retenu pour plusieurs raisons. Premièrement, le secteur (et la technologie) est mature en Amérique du Nord. La croissance provient de l'Amérique du Sud et de l'Asie, où la consommation de bière et de boisson gazeuse augmente. Deuxièmement, les gains technologiques découlant d'efforts en RD seront moins importants que dans d'autres secteurs, en raison des développements technologiques récents visant la réduction du poids de la canette d'aluminium. Finalement, l'aluminium fait face à des substituts importants en matière d'embouteillage: le verre (et sa transparence) pour la bière, et le plastique (et sa flexibilité lors de la mise en forme) pour les boissons gazeuses.

Figure 15

Secteurs traités dans la carte routière technologique



LES BESOINS DE MARCHÉ : PRINCIPAUX ENJEUX AUXQUELS L'INDUSTRIE FAIT FACE

La présente section a pour objectif de présenter les principaux enjeux auxquels l'industrie de l'aluminium est confrontée, l'importance relative des enjeux selon les secteurs d'activité ainsi que les actions suggérées pour satisfaire adéquatement les besoins de marché.

PRINCIPAUX ENJEUX

La Carte routière technologique présente les enjeux communs à l'ensemble des secteurs et les nouveaux défis à relever dans le domaine de l'aluminium. Pour une industrie en pleine effervescence et en santé qui favorise la création d'emplois, il est indispensable de bien comprendre la teneur des enjeux de chaque secteur et de trouver des réponses à long terme.

Les séances de travail qui réunissaient une soixantaine d'experts ont permis de faire ressortir plusieurs enjeux reliés à la production (production d'aluminium et équipementiers) et à la transformation (extrusion, laminage, moulage, transport, construction et électricité) de l'aluminium.

À partir des renseignements recueillis auprès des experts sectoriels, et après de vives discussions dans les trois ateliers de travail, huit principaux enjeux ont été identifiés et reproduits dans le tableau ci-contre. Ces enjeux sont en quelque sorte les **éléments moteurs motivant la création ou la modification des technologies pour l'industrie canadienne de l'aluminium**.

Tableau 1
Principaux enjeux de l'industrie de l'aluminium

1. Réduire les coûts et augmenter la productivité;
2. Respecter la réglementation et les exigences du PNGV (Partnership for New Generation Vehicle);
3. Diminuer la consommation énergétique;
4. Respecter l'environnement;
5. Augmenter le niveau de qualité de l'aluminium brut et des produits semi-finis et finis;
6. Développer et diffuser les connaissances;
7. Développer les marchés;
8. Développer de nouveaux alliages/matériaux.

UN PRÉALABLE : ASSURER LA SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS ET DE LA POPULATION

La santé et sécurité est une préoccupation constante dans les milieux de travail et dans la population en général et l'industrie canadienne de l'aluminium reconnaît d'emblée qu'un comportement proactif en cette matière va de pair avec tous les autres besoins identifiés. Par exemple, dans le secteur de l'automobile, aucun véhicule en aluminium ne prendra la route s'il n'est pas aussi sécuritaire (sinon plus) que les autres options technologiques disponibles sur le marché.

Ainsi, santé et sécurité sont des conditions sine qua non de la bonne marche de l'industrie et un gage de notre compétitivité sur les marchés mondiaux. Leur maintien représente un investissement social et financier de taille pour l'industrie.

LES BESOINS DE MARCHÉ : PRINCIPAUX ENJEUX AUXQUELS L'INDUSTRIE FAIT FACE

La présente section a pour objectif de présenter les principaux enjeux auxquels l'industrie de l'aluminium est confrontée, l'importance relative des enjeux selon les secteurs d'activité ainsi que les actions suggérées pour satisfaire adéquatement les besoins de marché.

PRINCIPAUX ENJEUX

La Carte routière technologique présente les enjeux communs à l'ensemble des secteurs et les nouveaux défis à relever dans le domaine de l'aluminium. Pour une industrie en pleine effervescence et en santé qui favorise la création d'emplois, il est indispensable de bien comprendre la teneur des enjeux de chaque secteur et de trouver des réponses à long terme.

Les séances de travail qui réunissaient une soixantaine d'experts ont permis de faire ressortir plusieurs enjeux reliés à la production (production d'aluminium et équipementiers) et à la transformation (extrusion, laminage, moulage, transport, construction et électricité) de l'aluminium.

À partir des renseignements recueillis auprès des experts sectoriels, et après de vives discussions dans les trois ateliers de travail, huit principaux enjeux ont été identifiés et reproduits dans le tableau ci-contre. Ces enjeux sont en quelque sorte les **éléments moteurs motivant la création ou la modification des technologies pour l'industrie canadienne de l'aluminium.**

3. Diminuer la consommation énergétique;
4. Respecter l'environnement;
5. Augmenter le niveau de qualité de l'aluminium brut et des produits semi-finis et finis;
6. Développer et diffuser les connaissances;
7. Développer les marchés;
8. Développer de nouveaux alliages/matériaux.

UN PRÉALABLE : ASSURER LA SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS ET DE LA POPULATION

La santé et sécurité est une préoccupation constante dans les milieux de travail et dans la population en général et l'industrie canadienne de l'aluminium reconnaît d'emblée qu'un comportement proactif en cette matière va de pair avec tous les autres besoins identifiés. Par exemple, dans le secteur de l'automobile, aucun véhicule en aluminium ne prendra la route s'il n'est pas aussi sécuritaire (sinon plus) que les autres options technologiques disponibles sur le marché.

Ainsi, santé et sécurité sont des conditions sine qua non de la bonne marche de l'industrie et un gage de notre compétitivité sur les marchés mondiaux. Leur maintien représente un investissement social et financier de taille pour l'industrie.

PRIORITÉS SELON LES SECTEURS D'ACTIVITÉ

Tel que l'illustre le Tableau 2, l'importance relative des enjeux identifiés varie d'un secteur d'activité à un autre. Il va sans dire qu'une meilleure perception de leur importance facilite le choix des projets technologiques à privilégier et oriente les recommandations des experts.

À l'heure actuelle, les trois plus importants besoins à combler pour l'industrie canadienne de l'aluminium sont :

1. Réduire les coûts et augmenter la productivité;
2. Développer et diffuser les connaissances;
3. Développer les marchés.

Tableau 2

Priorités des enjeux selon les secteurs d'activité

Principaux enjeux	Production d'aluminium et équipementiers	Transformation primaire (laminage, moulage, extrusion)	Transformation secondaire	
			Construction et électricité	Transport
Réduire les coûts	✪✪✪✪✪	✪✪✪✪✪	✪✪✪	✪✪✪✪✪
Respecter la réglementation	✪	✪	✪	✪✪
Diminuer la consommation énergétique	✪✪	✪	✪	✪✪✪
Respecter l'environnement	✪✪✪	✪	✪	✪✪✪
Augmenter le niveau de qualité	✪✪	✪✪✪	✪✪	✪✪
Développer et diffuser les connaissances	✪	✪✪	✪✪✪✪✪	✪
Développer les marchés	✪✪	✪✪✪	✪✪✪✪	✪
Développer des alliages/matériaux	✪	✪✪	✪	✪✪

Légende : ✪✪✪✪✪ = forte priorité
✪ = faible priorité

PRIORITÉ 1 : RÉDUIRE LES COÛTS ET AUGMENTER LA PRODUCTIVITÉ

La construction de nouvelles alumineries à travers le monde et leurs installations performantes ajoutent une pression supplémentaire qui force la réduction des coûts lors de la production de l'aluminium. Par le passé, réagissant à la menace que représentent les matériaux substituts comme l'acier et les polymères, les principales alumineries canadiennes ont adopté d'importantes **mesures de réduction de leurs coûts de production.**

Concurrence avec les matériaux substituts

Pour garder une position concurrentielle sur les marchés mondiaux, la réduction des coûts et l'augmentation de la productivité sont essentielles dans tous les secteurs de transformation de l'aluminium. Comme les entreprises canadiennes produisent des pièces extrudées, laminées ou moulées en plus faible volume que les compagnies américaines, elles doivent, pour compenser, redoubler d'efficacité lors du processus de transformation de l'aluminium.

Par ailleurs, dans le secteur du transport par exemple, il faut réduire les coûts de transformation des pièces en aluminium, afin de concurrencer l'acier comme matériau de choix lors de la conception de certaines composantes (par exemple le bloc moteur).

Priorité 2 : Développer et diffuser les connaissances

Dans une économie de plus en plus fondée sur le savoir, le capital intellectuel remplace les ressources naturelles comme premier facteur de la vigueur économique et de la compétitivité d'un pays. Même les secteurs traditionnels comme la construction n'échappent pas à cette règle, et en ce sens, les experts sectoriels de la construction ont été unanimes dans les ateliers de travail : le secteur de la construction éprouve un sérieux besoin de création et de diffusion des connaissances en transformation de l'aluminium.

Méconnaissance de l'aluminium

On note aussi un manque de connaissances des technologies disponibles et peu de recherches pertinentes. Les entreprises du secteur de la construction devront encourager l'accroissement des compétences en matière de design incluant l'aluminium. Elles devront également approfondir leurs connaissances des diverses applications et des caractéristiques intrinsèques de l'aluminium.

De toute évidence, la plupart des concepteurs de grands ouvrages, comme les ponts et les édifices, pourraient utiliser davantage l'aluminium. Ses avantages (résistance à la corrosion, poids et recyclage) devraient pourtant faire en sorte que l'aluminium soit privilégié à plus grande échelle. Mais force est de constater qu'au Canada, contrairement à ce qui se passe en Europe, les structures d'aluminium sont rarement considérées comme un choix viable.

Il a été clairement stipulé dans les ateliers de travail que :

- Nos ingénieurs civils ne disposent pas d'outils adaptés pour faire le calcul des charpentes d'aluminium, comme c'est le cas pour l'acier;
- Nos ingénieurs doivent apprendre à considérer le coût total – tout au long du cycle de vie – d'un ouvrage, plutôt qu'uniquement son coût de construction.

Il serait bon que nous mettions l'accent sur la formation de nos ingénieurs en matière d'aluminium, pour ensuite les inciter à évaluer les coûts d'un projet tout au long de sa durée de vie, et non seulement son coût initial le plus faible. Ils seraient alors mieux en mesure d'apprécier les nombreux avantages de l'aluminium, avantages particuliers que l'acier ne peut pas toujours concurrencer.

Priorité 3 : Développer les marchés

En plus de l'amélioration des caractéristiques des produits en aluminium, la mise au point de nouvelles applications et le développement de nouveaux marchés constituent des démarches importantes pour assurer la croissance future de l'industrie.

Capitaliser sur les nouveaux débouchés

Dans cette optique, la construction est un domaine qui offre de grandes possibilités, puisque l'aluminium peut servir dans les structures de ponts, les édifices, les revêtements extérieurs, etc. L'industrie aurait avantage à prendre des mesures stratégiques fermes pour tirer le meilleur parti possible des nouveaux débouchés dans le domaine de la construction, qui se répartit en trois sous-secteurs :

- Construction résidentielle : structures et composantes d'aluminium utilisées dans les logements, allant des maisons unifamiliales aux gros immeubles à appartements;
- Construction institutionnelle, commerciale et industrielle : tous les immeubles non résidentiels : établissements d'enseignement et médicaux, bureaux, magasins, hôtels, usines et entrepôts;
- Construction de projets de génie civil : les grands projets comme les routes (signalisation), ponts, barrages, installations portuaires, aéroports, installations pétrolières et plans d'approvisionnements.

La transformation primaire de l'aluminium jouit également d'un fort potentiel pour le développement de nouveaux marchés principalement en ce qui concerne les exportations. De plus, compte tenu des percées soutenues de l'aluminium dans le secteur du transport, les pièces moulées connaissent une croissance rapide à l'heure actuelle.

MOYENS D'ACTION PRIVILÉGIÉS—SELON LES SECTEURS— POUR CHACUN DES PRINCIPAUX ENJEUX

Une fois les principaux enjeux établis suivant un ordre de priorité, les experts sectoriels ont identifié et validé une série d'actions à poser pour les satisfaire adéquatement. Dans la majorité des cas, les moyens d'action préconisés par les experts sont spécifiques aux secteurs d'activité étudiés. Ces moyens peuvent être reliés, individuellement ou en groupe, aux divers secteurs d'activités de production et de transformation de l'aluminium.

Pour chacun des enjeux principaux, voici les moyens d'action identifiés — selon les secteurs — lors de l'élaboration de la CRT :

1. Réduire les coûts et augmenter la productivité

La réduction des coûts et l'amélioration de la productivité ont toujours été des préoccupations majeures pour l'industrie de l'aluminium. Aussi, compte tenu de la globalisation des échanges et des récents mouvements de consolidation, cette tendance risque fort de s'accélérer au cours de prochaines années. Afin de concurrencer adéquatement avec les matériaux substituts comme l'acier, le verre et les polymères, la production de l'aluminium doit se faire à moindre coût.

Il est possible de réduire le coût de production de l'aluminium, des produits semi-finis et finis de plusieurs façons. D'après les experts, les actions spécifiques permettant la réduction des coûts ou l'augmentation de la productivité peuvent être regroupées en quatre vecteurs : 1) l'amélioration des équipement; 2) l'amélioration des alliages; 3) l'amélioration des processus de production; 4) l'amélioration du déploiement d'un ouvrage (spécifique à l'industrie de la construction). Pour chacun de ces vecteurs, plusieurs actions ont été identifiées, ces dernières étant parfois spécifiques aux secteurs d'activité étudiés (voir Tableau 3).

Tableau 3 Actions reliées à la réduction des coûts et à l'augmentation de la productivité

Actions suggérées pour combler le besoin de marché	Production d'aluminium et les équipementiers	Transformation primaire	Transformation secondaire	
			Construction et électricité	Transport
Amélioration des équipements				
Optimiser l'endurance des outils/accessoires de manutention/transformation de l'aluminium (en fusion)	✓	✓		✓
Optimiser la durée de vie des équipements de procédé	✓	✓		✓
Accroître la fiabilité des équipements	✓	✓		✓
Optimiser le design des procédés	✓	✓		✓
Développer des équipements/moules moins dispendieux	✓	✓	✓	✓
Amélioration des alliages				
Réduire le coût des alliages pour rendre l'aluminium plus concurrentiel face aux substituts	✓	✓	✓	✓
Accroître les propriétés mécaniques des alliages (ductilité et limite élastique)	✓	✓		✓
Optimiser le nombre d'alliages selon les procédés		✓		✓
Amélioration des processus de production				
Diminuer les coûts de transformation du métal primaire/aluminium	✓	✓		✓
Accroître la productivité	✓	✓	✓	✓
Réduire les temps de cycle et les délais	✓	✓		✓
Accroître le niveau d'automatisation	✓	✓	✓	✓
Optimiser les plans de production et la gestion des opérations	✓	✓		✓
Développement de nouvelles techniques de production plus performantes	✓	✓		✓
Amélioration du déploiement/évaluation d'un ouvrage				
Considérer le coût total tout au long du cycle de vie (incluant le recyclage) d'un ouvrage			✓	
Développer un système de livraison de projet (construction modulaire) plus efficace			✓	

2. Respecter la réglementation et les exigences du PNGV

Le respect de la réglementation est essentiel. Nul ne peut affronter la concurrence dans un marché s'il ne respecte pas les règles et les exigences du pays où les biens de consommation sont produits ou vendus.

Par exemple, dans le passé, nombre d'équipements ont été développés pour satisfaire aux exigences spécifiques du marché nord-américain. Les concepteurs n'ont pas nécessairement pris en compte les exigences européennes et internationales. Résultat : ils devront modifier leurs technologies s'ils veulent accroître leur marché potentiel.

Et comme la réglementation évolue au rythme des changements technologiques et sociopolitiques, elle doit demeurer une préoccupation constante quand il s'agit d'orienter le développement technologique (voir Tableau 4).

Dans le secteur de l'automobile par exemple, en 1994, associés dans le Partnership for New Generation Vehicle (PNGV), Ford, GM et Chrysler se sont donnés comme objectif pour 2004, de réduire de 40 % le poids moyen d'une Sedan, le but étant de réduire la consommation moyenne de carburant par véhicule. Sans être une réglementation en soi, les objectifs visés par le PNGV permettent de rencontrer directement certaines exigences stipulées par le Clean Air Act et le protocole de Kyoto.

Tableau 4 Actions reliées au respect de la réglementation et des exigences du PNGV

Actions suggérées pour combler le besoin de marché	Production d'aluminium et les équipementiers	Transformation primaire	Transformation secondaire	
			Construction et électricité	Transport
Développer des équipements rencontrant les exigences internationales	✓	✓	✓	✓
Rencontrer les exigences du PNGV (Partnership for New Generation of Vehicle)				✓

3. Diminuer la consommation énergétique

Très fortement reliée à la réduction des coûts de production et de transformation de l'aluminium, la diminution de la consommation énergétique demeure une préoccupation constante.

Les entreprises productrices d'aluminium continuent à faire des efforts pour réduire leur consommation d'énergie. Pour ce faire, les experts ont notamment identifié l'amélioration du processus « Hall-Héroult » comme une des actions privilégiées permettant la réduction de la consommation énergétique au cours de la production d'aluminium.

Pour leur part, les secteurs de transformation primaire de l'aluminium (extrusion, laminage, moulage) ont aussi été identifiés par les experts comme des consommateurs importants d'énergie hydroélectrique. L'adoption d'équipements ou procédés plus efficaces pourrait contribuer à diminuer la consommation d'énergie.

En cette matière, le secteur du transport est lui aussi un grand consommateur d'énergie. Nous savons depuis plusieurs années que les véhicules routiers (automobiles, camions, autobus) doivent réduire leur consommation de carburant afin de diminuer l'émission des gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique (voir Tableau 5).

Tableau 5 Actions reliées à la diminution de la consommation énergétique

Actions suggérées pour combler le besoin de marché	Production d'aluminium et les équipementiers	Transformation primaire	Transformation secondaire	
			Construction et électricité	Transport
Diminuer les coûts énergétiques par tonne d'aluminium produite	✓	✓		
Réduire la consommation énergétique en période de pointe	✓	✓		
Accroître l'efficacité du processus « Hall-Héroult »	✓			
Réduire la consommation de carburant des véhicules				✓

4. RESPECTER L'ENVIRONNEMENT

Nous accordons aujourd'hui une grande attention aux retombées des activités industrielles, commerciales et économiques sur l'environnement. Les taux de CO_2 et de gaz à effet de serre, de même que le réchauffement de la planète, nous préoccupent particulièrement.

De nombreux mouvements en faveur de la protection de l'environnement encouragent la transition vers des énergies plus « vertes ». La population consommatrice de produits influence de plus en plus le choix des matériaux utilisés pour leur fabrication, et les groupes de pression se multiplient pour orienter la production et le marché. La question de l'environnement est désormais au cœur de nos politiques énergétiques.

Des moyens régulateurs comme le protocole de Kyoto, le protocole de Montréal et le Clean Air Act, ont un impact considérable sur la réduction des polluants atmosphériques et sur les changements climatiques, et dans l'ensemble, les entreprises sont conscientes qu'elles doivent diminuer la quantité des déchets et rejets polluants (voir Tableau 6).

En ce qui a trait à la production de l'aluminium, l'industrie pose plusieurs défis environnementaux, dont le traitement des brasques et l'utilisation de certaines matières premières comme le chlore.

Pour sa part, le secteur secondaire, entre autres le transport, devra trouver des moyens efficaces de diminuer les émissions de CO_2.

Tableau 6 Actions reliées au respect de l'environnement

Actions suggérées pour combler le besoin de marché	Production d'aluminium et les équipementiers	Transformation primaire	Transformation secondaire	
			Construction et électricité	Transport
Rencontrer les exigences du protocole de Kyoto, le « Clean Air Act », etc.	✓	✓	✓	✓
Réduire la quantité des déchets et diminuer le taux de pollution environnementale	✓	✓		✓
Diminuer les rejets de résidus ou nécessitant l'enfouissement	✓	✓		✓
Éliminer les matières premières toxiques (ex. chlore)	✓	✓	✓	
Accroître le recyclage de l'aluminium	✓	✓		✓
Développer de nouvelles utilisations pour les rechutes ou les produits dérivés des procédés de transformation de l'aluminium	✓			
Améliorer le traitement des brasques	✓			
Réduire ou éliminer les PFC	✓			
Réduire ou éliminer les émissions de CO_2	✓	✓		✓

5. AUGMENTER LE NIVEAU DE QUALITÉ DE L'ALUMINIUM BRUT ET DES PRODUITS SEMI-FINIS ET FINIS

Compte tenu de la nature très spécialisée des produits semi-finis et finis vendus, les clients sont de plus en plus exigeants en termes de qualité et de propriétés physiques, mécaniques et chimiques des alliages. Ces propriétés dépendent d'une multitude de facteurs comme les méthodes de fabrication et leur déroulement dynamique. Par exemple, il est essentiel de pouvoir caractériser rigoureusement les propriétés des alliages d'aluminium durant et après le processus de fabrication.

Pour fidéliser leur clientèle, les entreprises doivent maintenir, voire améliorer le niveau de qualité des produits offerts, diminuer les rejets, réduire les impuretés dans l'aluminium, améliorer le contrôle de la qualité et réduire la corrosion galvanique grâce à des méthodes mieux adaptées (voir tableau suivant).

Tableau 7 Actions reliées à l'augmentation du niveau de qualité

Actions suggérées pour combler le besoin de marché	Production d'aluminium et les équipementiers	Transformation primaire	Transformation secondaire	
			Construction et électricité	Transport
Maintenir un niveau de qualité uniforme et constant	✓	✓	✓	✓
Réduire les rejets et les pertes	✓	✓	✓	✓
Réduire les impuretés dans l'aluminium	✓	✓		
Accroître la qualité des lingots et produits coulés	✓	✓		
Améliorer le contôle de la qualité	✓	✓	✓	✓
Répondre aux exigences croissantes des clients en termes de qualité et de propriétés physiques, mécaniques et chimiques des alliages	✓	✓	✓	✓
Réduire ou éliminer la corrosion galvanique à l'aide des méthodes mieux adaptées			✓	✓
Prolonger la vie utile des produits/composantes et des véhicules				✓

6. Développer et diffuser les connaissances

Étant donné la jeunesse relative de l'industrie de l'aluminium, l'état des connaissances concernant les propriétés de l'aluminium et ses multiples utilisations est encore limité. Pour rendre l'aluminium plus présent sur le marché, il faudra que les fabricants, centres de recherche et universités concernés deviennent plus efficaces dans le développement et la diffusion de leurs connaissances.

De manière générale, les maîtres d'œuvres et concepteurs ne pensent pas suffisamment à utiliser l'aluminium. Ses avantages (résistance à la corrosion, poids et recyclage) devraient pourtant faire en sorte que l'aluminium soit privilégié à plus grande échelle. Au Canada, contrairement à ce qui se passe en Europe, les pièces et les structures d'aluminium sont rarement considérées comme un choix viable. Nos ingénieurs ne disposent pas d'outils adaptés pour faire leurs calculs, et on peut s'étonner qu'à l'heure actuelle, aucune université canadienne n'enseigne le calcul des charpentes d'aluminium, comme c'est le cas pour l'acier.

Il faut que nos ingénieurs apprennent à considérer le coût total – tout au long du cycle de vie (incluant le recyclage) – d'un produit, plutôt qu'uniquement son coût de fabrication. Ils se rendraient compte que l'aluminium offre des avantages économiques que l'acier, par exemple, ne peut concurrencer. En général, on note un manque de connaissances des technologies disponibles et peu de recherches pertinentes sur le sujet (voir tableau suivant).

Tableau 8 Actions reliées au développement et à la diffusion des connaissances

Actions suggérées pour combler le besoin de marché	Production d'aluminium et les équipementiers	Transformation primaire	Transformation secondaire	
			Construction et électricité	Transport
Accroître le niveau de formation (universitaire, collégial, technique et professionnel) et de connaissance de la main-d'œuvre sur l'aluminium	✓	✓	✓	✓
Accroître la formation sur les technologies émergentes	✓	✓	✓	✓
Développer des nouvelles techniques de construction plus performantes adaptées à l'aluminium			✓	

7. Développer les marchés

Partout, l'aluminium pourrait être plus présent. C'est pourquoi il est essentiel de multiplier nos tentatives de percer les marchés les plus prometteurs. De même, pour des marchés plus matures, il importe de consentir des efforts supplémentaires pour positionner le Canada comme chef de file.

Les coûts d'utilisation de l'aluminium peuvent freiner son application dans le domaine de la construction, mais si l'on considère les coûts globaux à long terme, l'aluminium peut se révéler plus économique que l'acier, par exemple. Dans cette optique, des efforts de promotion et de développement commercial s'imposent. En ce sens, les alumineries elles-mêmes pourraient donner l'exemple en incluant davantage d'aluminium dans leur design lors de la construction de leurs bâtiments.

D'autres parts, les secteurs de deuxième transformation de l'aluminium, comme le transport et la construction, offrent aussi un fort potentiel de croissance. Les équipementiers ont donc intérêt à développer des équipements et des infrastructures utiles pour les secteurs de la construction et de l'électricité.

En ce qui a trait à la transformation primaire de l'aluminium, il faut, de façon plus soutenue, introduire l'extrusion, le laminage et le moulage dans les secteurs de la construction et du transport. Les entreprises canadiennes étant peu présentes, l'industrie des produits finis est parfois forcée de s'approvisionner aux États-Unis et en Europe (voir Tableau 9).

Au Canada, la balance commerciale pour la transformation primaire de l'aluminium est négative : on importe plus de produits semi-finis que l'on en produit (ex. : la tôle). Cette donnée montre à quel point le marché canadien de la transformation primaire est sous-exploité dans certains secteurs.

Finalement, à mesure que s'amenuisent les entraves au commerce international, les constructeurs automobiles produisent de plus en plus de véhicules à l'extérieur de l'Amérique du Nord. Les exportations nord-américaines s'accroissent. Les usines de montage produisent localement et s'approvisionnent mondialement, ce qui augmente les débouchés des fabricants de pièces. Par conséquent, un nombre grandissant de fournisseurs canadiens (ex.: pièces moulées) devront obligatoirement devenir des fournisseurs mondiaux.

Tableau 9 Actions reliées au développement des marchés

Actions suggérées pour combler le besoin de marché	Production d'aluminium et les équipementiers	Transformation primaire	Transformation secondaire	
			Construction et électricité	Transport
Accroître l'utilisation de l'aluminium dans le marché automobile et l'industrie du transport	✓	✓		✓
Accroître l'utilisation de l'aluminium dans l'industrie de la construction et de l'électricité	✓	✓	✓	
Accroître l'utilisation de l'aluminium dans les projets de construction d'usines d'aluminium	✓	✓		
Développer des marchés pour le développement des équipements du secteur primaire	✓			
Développer de nouvelles composantes structurelles (et non structurelles) pour la construction des immeubles			✓	
Introduire les technologies de laminage, d'extrusion et de moulage (car elles sont non disponibles)		✓	✓	
Développer des équipements utiles aux développements de l'industrie de l'électricité et de la construction			✓	

8. Développer de nouveaux alliages/matériaux

Pour produire de l'aluminium à des coûts compétitifs, les alumineries doivent notamment augmenter la longévité des cuves. Pour améliorer la qualité des lingots, il faut freiner la détérioration des réfractaires en service due à l'action simultanée des impacts mécaniques, des chocs thermiques, de l'usure (abrasion et érosion) et de la corrosion. Par conséquent, il est essentiel de mettre sur pied des projets technologiques permettant de développer des matériaux et des outils plus performants pour la production et la manutention de l'aluminium primaire liquide (voir Tableau 10).

Tableau 10 Actions reliées au développement de nouveaux matériaux/alliages

Actions suggérées pour combler le besoin de marché	Production d'aluminium et les équipementiers	Transformation primaire	Transformation secondaire	
			Construction et électricité	Transport
Développer des matériaux plus performants pour la production de l'aluminium primaire	✓			
Développer des matériaux plus performants pour la manutention de l'aluminium	✓			
Développer des matériaux plus performants utilisés aux cours de la transformation de l'aluminium	✓	✓		✓
Avoir accès à une gamme plus diversifiée d'alliages		✓ (extrusion)		✓
Développer des alliages plus performants couvrant une vaste gamme d'applications et permettant de remplacer plusieurs alliages existants (alliages universels, réduire le nombre d'alliages existants)		✓ (moulage)		✓

Certains secteurs de transformation primaire font face à des enjeux différents. Notamment, les extrudeurs canadiens sont limités à deux ou trois alliages courants et n'ont pas développé la technologie pour d'autres alliages spécifiques (séries 2000, 5000, 7000) utilisés dans l'aéronautique, l'avionnerie, l'équipement sportif, le militaire et le transport. Les utilisateurs doivent importer ces matériaux des États-Unis ou de l'Europe. De plus, certains produits fabriqués ici se limitent au bas de gamme, faute de profilés performants et adaptés. Les experts en extrusion ont donc exprimé le souhait d'avoir accès à une gamme plus diversifiée d'alliages.

Pour les secteurs du moulage et du transport, la situation est différente. Les experts stipulent que les entreprises doivent développer des alliages plus performants couvrant une vaste gamme d'applications et permettant de remplacer des alliages existants (alliages universels). En d'autres mots, le temps est venu de réduire le nombre d'alliages disponibles dans le but de diminuer les coûts de production afin de bénéficier d'économies d'échelle additionnelles résultant d'une consolidation des alliages utilisés.

LES PROJETS TECHNOLOGIQUES

Après avoir cerné les secteurs clés et examiné leurs principaux enjeux, les experts présents aux ateliers de travail et le comité directeur ont déterminé les technologies jugées essentielles pour permettre à l'industrie de répondre aux besoins de marché au cours des dix prochaines années.

47 projets technologiques

Au total, 47 projets technologiques ont été retenus et analysés (voir Annexe A). Il s'agit de projets concrets et pertinents répondant précisément aux besoins de marché et tenant compte des priorités qui sont d'actualité au Canada. Mais il faut garder à l'esprit que l'élaboration d'une carte routière technologique est un processus continuel visant une mise à jour constante, et que d'autres projets technologiques pourront venir s'y greffer au fur et à mesure de l'évolution du marché.

Nous avons également inclus à la fin de ce rapport d'autres projets technologiques en cours, menés par des centres de recherche, des universités et des entreprises canadiennes (voir Annexe B). Ces projets représentent un excellent point de départ, bien que les instituts de recherche et les universités réalisent des travaux en RD depuis peu de temps au Canada. De fait, les projets technologiques soumis lors de l'élaboration de la première édition de la CRT visent à renforcer et à compléter leurs activités, plutôt qu'à les répéter.

Les projets technologiques retenus sont liés de très près au processus de transformation de l'aluminium. Certains sont spécifiques et très pointus, tandis que d'autres présentent un **fort potentiel intégrateur**, ce qui assure une meilleure cohésion entre les projets technologiques plus spécialisés.

Afin de bien circonscrire la portée réelle des projets technologiques suggérés, certains sont présentés comme « exclusifs » à des secteurs de transformation particuliers. Entre autres, les 17 premiers projets technologiques soumis sont reliés à la production de l'aluminium (voir Figure 16), et plus spécifiquement aux activités clés du processus, notamment celles entourant la cuve électrolytique et le four de coulée.

Certains projets ont un fort potentiel intégrateur

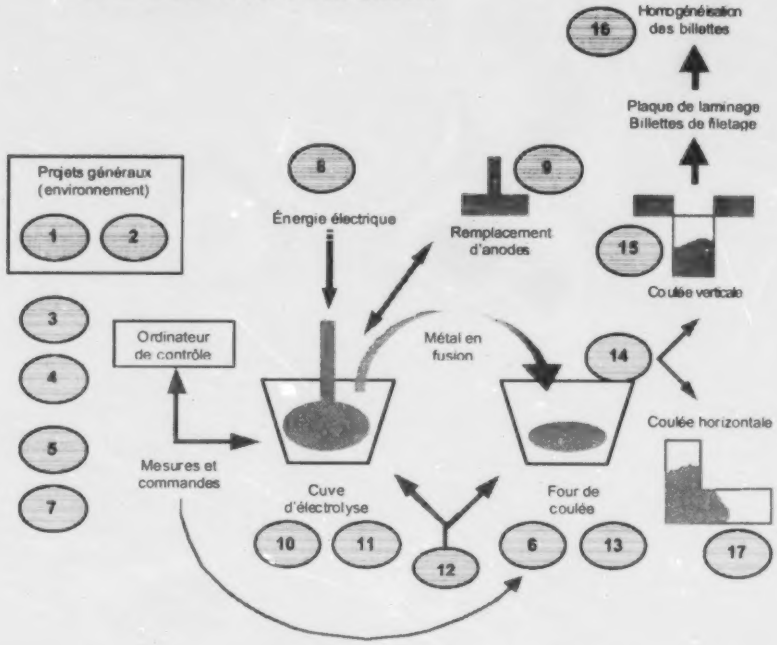
De façon complémentaire, le schéma de la Figure 17 permet de regrouper tous les autres projets technologiques. En effet, comme la frontière est mince entre les secteurs de transformation primaire et secondaire de l'aluminium, il a semblé tout naturel que ces projets fassent partie intégrante d'une même charte. D'ailleurs, ce rassemblement schématique des projets illustre parfaitement la vision des experts canadiens quant à la possible intégration des secteurs de transformation primaire et secondaire de l'aluminium, qui aurait de plus l'avantage de leur faire perdre leur caractère insulaire. Il est clair que chaque projet peut être relié soit à la première, soit à la seconde transformation. Cependant, certains d'entre eux ont de nombreuses ramifications et transcendent les deux secteurs de transformation à la fois.

Une fiche d'analyse des technologies a ensuite servi à évaluer leur pertinence. Comme les fiches en témoignent (voir la description des projets), les experts ont décrit les technologies, évalué leur importance et ont déterminé les défis globaux associés à leur développement. Les relations et les impacts sur les besoins de marché figurent aussi sur les fiches d'analyse. Les experts se sont également interrogés sur l'échéance de réalisation et sur le degré de risque perçu, associé au développement des technologies (voir les Tableaux 11 et 12). Le risque technologique a été évalué sur une échelle perceptuelle allant de 1 à 10. Quoique préliminaires, ces évaluations permettent d'apprécier les efforts technologiques requis afin d'atteindre des résultats concrets. Les projets technologiques sont présentés en détail dans les pages qui suivent.

SECTEUR DE LA PRODUCTION DE L'ALUMINIUM

Cette section présente les 17 projets technologiques reliés au secteur de la production de l'aluminium. La Figure 16 représente de manière schématique les divers liens entre ces projets, alors qu'à la page suivante, le Tableau 11 expose les échéances de réalisation et le niveau de risque perçu associés aux projets technologiques retenus.

Figure 16 Liste des projets technologiques pour la production de l'aluminium et leurs interrelations



1. Programme technologique environnemental de traitement des rejets solides, liquides et gazeux
2. Technologies de recyclage de produits à haute teneur en aluminium
3. Systèmes heuristiques avancés de contrôle (création des algorithmes)
4. Modèle dynamique pour le contrôle et l'opération des cuves (modèle du procédé)
5. Capteurs avancés de signaux de cuves (enregistrement des paramètres en continu)
6. Lecteur/analyseur de la qualité du métal en continu
7. Thermocouples et sondes résistants au bain liquide (nouveaux matériaux)
8. Technologies pour abaisser la consommation énergétique des cuves électrolytiques (sans augmenter le coût de production)
9. Technologies d'automatisation permettant le remplacement d'anodes dans la cuve d'électrolyse
10. Modèle unifié pour concevoir (ou modifier) les cuves d'électrolyse
11. Nouveaux matériaux (cathode) pour contenir l'électrolyse et le métal liquide
12. Outils d'analyse technico-économique des projets de recherche et développement en électrolyse et en coulée D.C.
13. Matériaux résistants (ex: bétons réfr actaires) à l'aluminium liquide (dans le four de coulée/contenants de transport de l'aluminium en fusion)
14. Modélisation des phénomènes de solidification afin d'améliorer le recouvrement et la qualité lors de la coulée
15. Technologies de coulée verticale pour lingots et billettes
16. Technologies permettant l'homogénéisation des billettes produites en coulée D.C.
17. Technologies permettant d'améliorer la coulée horizontale continue

Tableau 11 Projets technologiques reliés à la production de l'aluminium (risque technologique versus échéance de réalisation)

Échéance de réalisation →

Risque technologique ↓

	0 à 3 ans	3 à 10 ans	10 ans et plus
4		Technologies d'automatisation permettant le remplacement d'anodes dans la cuve d'électrolyse	
5	Outil d'analyse technico-économique des projets RD électrolyse et coulée D.C.	Programme technologique environnemental de traitement des rejets solides, liquides et gazeux Technologies de recyclage de produits à haute teneur en aluminium Technologies de coulée verticale pour lingots et billettes Systèmes heuristiques avancés de contrôle (création des algorithmes) Modèle dynamique pour le contrôle et l'opération des cuves (modèle du procédé)	
6		Technologies permettant d'améliorer la coulée horizontale continue	
7	Thermocouples et sondes résistants au bain liquide (nouveaux matériaux)	Modélisation des phénomènes de solidification pour améliorer le recouvrement et la qualité Matériaux résistants à l'aluminium liquide	
8	Modèle unifié pour concevoir (ou modifier) les cuves d'électrolyse	Technologies pour abaisser la consommation énergétique des cuves d'électrolyse Technologies permettant l'homogénéisation des billettes produites en coulée continue	Nouveaux matériaux (cathode) pour contenir l'électrolyse et le métal liquide
9		Capteurs avancés de signaux de cuves (enregistrement des paramètres en continu) Lecteurs/analyseur de la qualité du métal en continu	

FICHES DESCRIPTIVES DES 17 PROJETS TECHNOLOGIQUES RELIÉS À LA PRODUCTION DE L'ALUMINIUM

Projet 1	**Programme technologique environnemental de traitement des rejets solides, liquides et gazeux**	**Échéance de réalisation :** 3-10 ans

Description :

- Il y a toute une gamme de technologies à développer pour réduire les impacts sur l'environnement et valoriser les résidus solides, liquides et gazeux. Notamment, il faudrait traiter les vieilles brasques de cuve de manière à recycler tous les éléments qu'elles contiennent. De plus, des techniques et technologies devront être mises au point de manière à diminuer l'utilisation du chlore dans le traitement de l'aluminium et diminuer les émissions de PFC et de CO_2 (lors de la première fusion).

Importance:

- La population est de plus en plus consciente de l'environnement et, en définitive, ce sont les consommateurs qui choisiront les matériaux utilisés dans les produits qu'ils consommeront. Les matériaux dont l'impact sur l'environnement est faible auront un avantage compétitif. Le but est de réduire les émissions atmosphériques et les enfouissements de matières.

Défis:

- Plusieurs technologies rudimentaires sont présentement disponibles (notamment pour recycler les brasques). Par contre, la majorité des résidus sont encore enfouis. Adopter un tel programme environnemental (ex: usine de traitement) comporte des risques. Le plus important est que les diverses réglementations, sur le plan mondial, continuent de permettre l'enfouissement à des coûts très bas. De plus, la taille optimale de l'usine de traitement impose de desservir plusieurs alumineries réparties sur un vaste territoire, d'où des problèmes de transport et de localisation de l'usine.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
	★★★	★	★★★			★★★	

Projet 2	**Technologies de recyclage de produits à haute teneur en aluminium**	**Échéance de réalisation :** 3-10 ans

Description :

- Technologies permettant de séparer des alliages d'aluminium et d'autres matériaux, afin d'en permettre le recyclage par filière de composition homogène. Actuellement pratiquées pour des matériaux simples, les techniques de recyclage devraient être améliorées pour s'appliquer à toute une gamme de produits manufacturés de plus en plus complexes.

Importance:

- Le recyclage est une opération cruciale pour réduire les coûts des produits d'aluminium et minimiser l'impact environnemental. La technologie devra posséder une grande sélectivité pour les alliages d'aluminium et être flexible d'application. L'aluminium recyclé prend beaucoup moins d'énergie à produire que l'aluminium primaire.

Défis:

- Le défi majeur est de s'assurer que le prix de revient du métal recyclé ne surpasse pas celui du métal primaire. De plus, la réglementation actuelle ne favorise pas la mise en œuvre de la technologie.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★	★★★	★★★	★★★	★		★★	

Projet 3	Systèmes heuristiques avancés de contrôle (création des algorithmes)	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Systèmes heuristiques prédictifs faisant usage de la logique floue et des réseaux neuronaux afin de collecter l'information et de contrôler le processus électrolytique. Il s'agit d'appliquer les technologies de l'intelligence artificielle au contrôle des procédés (base de connaissances, systèmes experts, réseaux de neurones, logique floue, algorithmes génétiques).

Importance:

- Beaucoup de progrès ont été accomplis dans le secteur des systèmes heuristiques (intelligents). Pourtant, il n'y pas d'application disponible afin de contrôler le processus de l'électrolyse. Compte tenu du peu d'information recueillie lors de l'électrolyse, l'implantation de telles technologies permettrait de contrôler cette étape critique de la transformation de l'aluminium. Ces technologies permettraient d'augmenter la productivité (consommation énergétique, carbone spécifique, émissions fluorées).

Défis:

- Les défis sont fondamentalement économiques: le retour sur l'investissement doit être adéquat. Tous les coûts doivent être pris en ligne de compte en passant par les coûts de développement à l'implantation et la formation des équipes en place.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★★	★	★		★	

Projet 4	Modèle dynamique pour le contrôle et l'opération des cuves (modèle du procédé)	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Inclusion d'un simulateur dynamique dans le contrôleur de cuve (Feed Forward).

Importance:

- Productivité accrue, mesurée par une combinaison de rendement Faraday, émission spécifique de fluorure, consommation spécifique de carbone et d'énergie électrique. Ce modèle permettrait un meilleur contrôle, donc moins d'émission de gaz à effet de serre et plus de flexibilité (modulation d'ampérage).

Défis:

- Perte de production causée par l'implantation des prototypes. Il y a aussi le risque de perte des prototypes très coûteux au cours des essais.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★★	★	★		★	

Projet 5	Capteurs avancés de signaux de cuves (enregistrement des paramètres en continu)	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Développer des capteurs pour mesurer en continu la température, la composition chimique du bain et la hauteur de liquide sur une cuve d'électrolyse.

Importance:

- La mesure des paramètres importants en continu permet l'utilisation d'algorithmes de contrôle plus évolués. L'efficacité de production est améliorée par une réduction des variations dans le procédé.

Défis:

- Les capteurs devront avoir une durée de vie équivalente à la vie de la cuve (plus de 2000 jours) et donner une précision de mesure suffisante (à définir selon le paramètre mesuré). Dans le passé, certaines recherches ont été entamées avec un succès plutôt faible. La recherche est difficile, mais pourtant essentielle dans ce secteur.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★★★	★★★		★	★	★★★

Projet 6	Lecteur/analyseur de la qualité du métal en continu	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Développer un analyseur en direct de la composition du métal liquide.

Importance:

- Cette technologie permettrait de réduire le temps de préparation des alliages et le taux de rejet à l'usine de coulée et en aval.

Défis:

- En partant des fondements de base, il faudra démontrer la viabilité du projet et du développement technologique dès le départ.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★		★★★	★	★	★

Projet 7	Thermocouples et sondes résistants au bain liquide (nouveaux matériaux)	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Protéger les thermocouples ou autres types de sondes placés dans le bain liquide d'une cuve d'électrolyse par un matériau résistant au bain liquide.

Importance:

- Enregistrer des lectures en continu, favorisant ainsi l'utilisation d'algorithmes de contrôle plus évolués afin d'améliorer l'efficacité de production par une réduction des variations dans le procédé.

Défis:

- Permettre aux sondes de résister au bain liquide (80 % cryolithe à 960°C) pendant une longue période (plus de 3 mois ou une période suffisante pour donner une valeur économique à la technologie).

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★			★	★★	★★	★	★★★

Projet 8	**Technologies afin d'abaisser la consommation énergétique des cuves électrolytiques (sans augmenter le coût de production)**	**Échéance de réalisation :** 3-10 ans

Description :

- Améliorer la performance énergétique (kilowattheure/kilo) des cuves d'électrolyse sans augmenter le coût de production.

Importance:

- L'électrolyse de l'aluminium consomme en moyenne, sur le plan mondial, 2,5 fois l'énergie électrique théorique requise. Il est par conséquent primordial de réduire cette consommation jusqu'à environ 1,5 fois le minimum théorique. Les économies énergétiques annuelles pour le Canada seraient de 6 000 000 MWh, soit environ 200 millions de dollars.

Défis:

- Les avancements technologiques dans ce domaine sont lents et la preuve scientifique peut prendre quelques années. Le but est de réduire la consommation (kilowattheure/tonne) à 1.5 fois le minimum théorique.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
		★★★	★★		★	★★	★★

Projet 9	**Technologies d'automatisation permettant le remplacement d'anodes dans la cuve d'électrolyse**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- Le travail dans la salle d'électrolyse se fait encore en grande partie manuellement, ce qui représente de 30 à 40 % de la main-d'œuvre totale d'une usine. Il faudrait robotiser le remplacement d'anodes.

Importance:

- Ce processus d'automatisation permet de réduire les coûts de production, d'améliorer les conditions de travail, de réduire la consommation d'énergie et de réduire les émissions toxiques. L'automatisation du changement d'anodes aurait un impact important sur tous ces facteurs.

Défis:

- Il faudra s'assurer que les coûts d'immobilisation et d'exploitation justifient sa mise en œuvre et que la qualité du travail obtenue soit égale ou supérieure à celle obtenue avec l'intervention humaine.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★★	★★			★★	

Projet 10	**Modèle unifié pour concevoir (ou modifier) les cuves d'électrolyse**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- Modèle unifié d'une cuve d'électrolyse incorporant les aspects mécaniques, thermiques, électriques et magnéto-hydro-dynamiques.

Importance:

- Cet outil est essentiel pour faire des études de "reconceptions" (redesign) visant à abaisser les coûts de production. Les démarches et méthodes actuelles sont plus lentes et risquées lors du prototypage en usine. Ce modèle permettra de moduler l'ampérage au cours de la production.

Défis:

- Complexité et difficultés de validation du modèle: le modèle complet devra tenir compte de toutes les interactions (avec une approche similaire à celle de l'industrie aéronautique) et être validé sur les principaux types de cuves, notamment P-155, F180, AP30.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★★★	★		★	★	

Projet 11	**Mouveaux matériaux (cathode) pour contenir l'électrolyse et le métal liquide**	**Échéance de réalisation :** 10+ ans

Description :

- Développer et utiliser de nouveaux matériaux résistant à l'électrolyte et l'aluminium en fusion, selon les conditions d'électrolyse, pour les parois et le dessous de la cathode.

Importance:

- Ces nouveaux matériaux inertes offriraient une plus grande liberté lors du design et l'opération de l'électrolyse, permettant un gain substantiel de productivité et d'efficacité. La production de matières dangereuses pourrait également être diminuée.

Défis:

- Les matériaux choisis devront être compatibles avec l'électrolyte. Le dessous de la cathode devra être un excellent conducteur électrique (idéalement meilleur que le graphite) et compatible avec le métal en fusion à 1000°C. Le coût élevé de ces matériaux (inertes) devra être justifié et compensé par une augmentation de la performance du processus.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★★★	★			★★	★★★

Projet 12	**Outils d'analyse technico-économique des projets de recherche et développement en électrolyse et en coulée semi-continue à refroidissement direct**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- Modèles technico-économique de l'électrolyse de l'aluminium et de la coulée semi-continue à refroidissement direct de produits semi-finis.

Importance:

- L'industrie des équipementiers et fournisseurs de services à l'industrie primaire de l'aluminium doit avoir la capacité d'analyser l'impact de projets de développement à l'égal de ses clients, les grands producteurs. En dehors de ces derniers, très peu d'entreprises ont les ressources nécessaires pour se doter de tels outils. Ces outils permettent de cibler les investissements en recherche et développement les plus pertinents.

Défis:

- Avoir accès à des informations souvent confidentielles des entreprises.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★					★★★	★★	

Projet 13	**Matériaux résistants (ex: bétons réfractaires) à l'aluminium liquide (dans le four de coulée/contenants de transport de l'aluminium en fusion)**	**Échéance de réalisation :** 3-10 ans

Description :

- Il s'agit de nouvelles formulations de matériaux résistants à l'aluminium liquide, ainsi que de nouvelles approches à la conception de contenants pour l'élaboration et le transport d'alliages d'aluminium en fusion. Ces matériaux devront résister simultanément aux impacts mécaniques, aux chocs thermiques, à l'usure ainsi qu'à la corrosion par les alliages d'aluminium, jusqu'à 1400 °C. Le béton est une des avenues qui devra être explorée; d'autres matériaux devront être aussi analysés.

Importance:

- De plus en plus, la contamination provenant de la dégradation des matériaux réfractaires affecte la qualité métallurgique des alliages et des produits. Il est donc nécessaire d'améliorer la performance des matériaux utilisés dans ces secteurs. Pour augmenter la longévité des unités de confinement de l'aluminium liquide et la qualité des lingots produits, il est nécessaire de diminuer la tendance des réfractaires à être détériorés en

Défis:

- Il faudra que les matériaux rencontrent les exigences à la résistance mécanique à chaud, la résistance à la propagation des fissures, la résistance à la corrosion dans les essais d'immersion totale, la résistance à la corrosion dans les essais de corindonnage, etc. De plus, il faudra que les matériaux offrent un rapport coût/bénéfice intéressant.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★				★★★		★★	★★★

Projet 14	Modélisation des phénomènes de solidification afin d'améliorer le recouvrement et la qualité lors de la coulée	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Modélisation solide 3D, avec analyse des contraintes/déformations par éléments finis, de la solidification lors de la coulée.

Importance:

- Des modèles génériques existent déjà. Cependant, ils doivent être adaptés aux conditions particulières de l'aluminium et validés. Il faut mieux comprendre et modéliser la solidification lors de la coulée pour permettre d'augmenter le niveau de qualité des produits de manière substantielle.

Défis:

- Le modèle devra représenter fidèlement les phénomènes associés à la solidification de sorte qu'il s'avère essentiel dans le contrôle optimal de la coulée semi-continue à refroidissement direct (semi-continuous direct chill casting). Les défis sont liés au grand nombre de variables et paramètres nécessaires pour représenter fidèlement les conditions du procédé et aux difficultés de cerner les paramètres pertinents, en fonction de l'appariement avec les comportements et les conditions de défaillance en service.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★		★★★	★★	★	

Projet 15	Technologies de coulée verticale pour lingots et billettes	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Il s'agit d'intégrer le savoir-faire des producteurs d'aluminium et des fournisseurs canadiens d'équipement pour la coulée semi-continue à refroidissement direct (semi-continuous direct chill casting) de produits semi-finis.

Importance:

- L'industrie du filage et du laminage exige ce type de coulée; elle est nécessaire pour obtenir des produits de qualité. La coulée continue horizontale n'atteint pas les standards de qualité exigés pour les secteurs du filage et le laminage.

Défis:

- La technologie doit surpasser les standards établis concernant l'homogénéité, la qualité de surface, la microstructure du lingot, la présence de fissures et le taux de conversion. Pour le Canada, les défis sont de développer une filière technologique canadienne dans le domaine de la coulée semi-continue à refroidissement direct axée sur la qualité du produit (surface, composition, microstructure) et de développer la capacité spécifique de production et d'automatisation du processus.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★				★★★	★★	★★★	★

Projet 16	**Technologies permettant l'homogénéisation des billettes produites en coulée semi-continue à refroidissement direct (D.C.)**	**Échéance de réalisation :** 3-10 ans

Description :

- Développer une nouvelle génération d'équipements permettant d'intégrer l'homogénéisation en continu au processus de coulée semi-continue à refroidissement direct.

Importance:

- Cette technologie permettrait de réduire les coûts de production et d'augmenter la qualité des produits. Elle permettrait aussi de réduire le temps d'homogénéisation en réduisant les temps de manutention, d'éliminer les déformations causées par l'entreposage et d'obtenir des billettes rectilignes.

Défis:

- Ce projet nécessite une modification des pratiques d'affaires existantes et l'implantation d'un processus de contrôle très serré. Changer les cultures et les savoir-faire sont parfois de grands défis.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★		★		★★		★★	

Projet 17	**Technologies permettant d'améliorer la coulée horizontale continue**	**Échéance de réalisation :** 3-10 ans

Description :

- Améliorer la coulée horizontale continue des billettes (bars, slabs) d'aluminium afin daugmenter la qualité des produits.

Importance:

- La coulée horizontale continue permet d'obtenir des cadences de production supérieure à la coulée verticale semi-continue. La qualité de produit obtenue, par contre, est inférieure.

Défis:

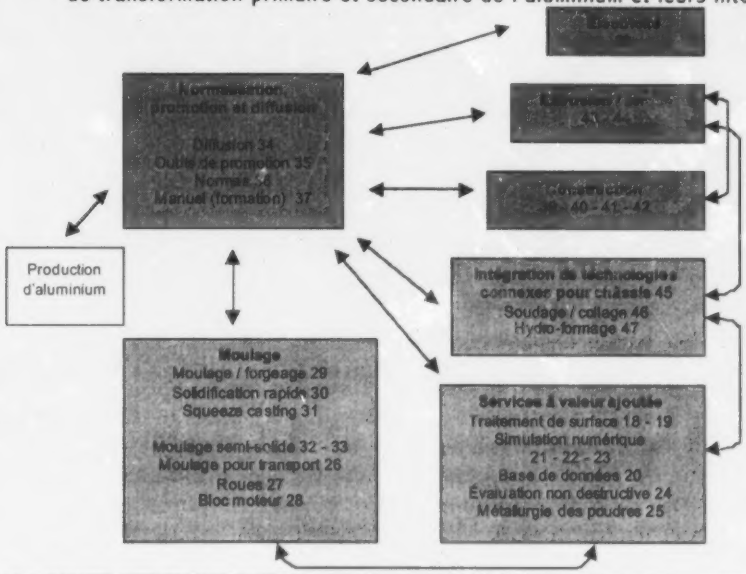
- Obtenir des niveaux de qualité comparable à la coulée verticale semi-continue. De plus, les entreprises canadiennes désireuses de tenter le défi concurrenceront avec des joueurs européens et américains établis.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★				★★		★	

SECTEURS DE LA PREMIÈRE ET DEUXIÈME TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM

Cette section présente trente projets reliés aux secteurs de la première et seconde transformation de l'aluminium. La Figure 17 illustre les divers liens entre les projets. De plus, le Tableau 12 présente les échéances de réalisation et le niveau de risque perçu associés aux divers projets technologiques.

Figure 17 Liste des projets technologiques des secteurs de transformation primaire et secondaire de l'aluminium et leurs interrelations



18. Technologies d'implantation ionique (ou PVD) pour le traitement des surfaces
19. Revêtements à base d'aluminium
20. Base de données sur la composition des alliages selon la forme
21. Simulation numérique du remplissage des moules et de la solidification (pour identifier les contraintes thermiques résiduelles)
22. Simulation de procédés (laminage, extrusion, moulage, forgeage)
23. Outils de modélisation améliorée pour le design de filière (die design)
24. Techniques améliorées d'évaluation non destructive des pièces (automatisation)
25. Métallurgie des poudres
26. Fabrication de pièces moulées en aluminium pour l'industrie du transport
27. Technologies de moulage des roues en aluminium pour camions (assurer le transfert technologique)
28. Developper le procédé SHLP (Sand Hybrid Low Pressure) pour la production de bloc moteur
29. Nouvelles techniques de moulage/forgeage
30. Technologies de solidification rapide de pièces moulées
31. Nouvelles techniques de moulage/forgeage (squeeze casting)
32. Technologie de moulage à l'état semi-solide
33. Technologie de formage à l'état semi-solide (SSF – feedstock preparation0
34. Création et diffusion de normes et de connaissances
35. Stratégie et outils pour faire connaître l'aluminium et ses caractéristiques
36. Normes de calcul (utilisation de l'aluminium)
37. Manuel et logiciel de calcul adaptés au design de l'aluminium
38. Conducteur haute-température pour les lignes de transmission d'électricité
39. Modèle économique pour évaluer les coûts du cycle de vie d'un ouvrage/projet (Life Cycle Cost Model)
40. Systèmes efficaces de livraison de projet (construction modulaire)
41. Joints mécaniques d'assemblage (field connections) pour assembler des éléments structuraux
42. Construction des ponts (et rénovation des tabliers de pont) en utilisant l'aluminium
43. Transfert des technologies d'extrusion utilisant des alliages spécifiques (à des coûts compétitifs)
44. Améliorer la gamme de produits structuraux disponibles (extrusion, plaque) sur le marché canadien
45. Technologies connexes pour fabriquer des châssis de véhicules
46. Techniques de soudage/collage novatrices
47. Technologie d'hydro-formage

Tableau 12 Projets technologiques reliés à la transformation primaire et secondaire de l'aluminium (risque technologique versus échéance de réalisation)

Risque technologique ↓ / Échéance de réalisation →

	0 à 3 ans	3 à 10 ans	10 ans et plus
1	Développement et diffusion de normes de connaissances Modèle économique pour évaluer les coûts du cycle de vie d'un ouvrage/projet	Normes de calcul (utilisation de l'aluminium)	
2	Manuel et logiciel de calcul adaptés au design de l'aluminium Stratégie et outils pour faire connaître l'aluminium et ses caractéristiques		
3		Fabrication de pièces moulées en aluminium pour transport	Amélioration de la gamme de produits structuraux disponibles sur le marché canadien
4	Techniques améliorées d'évaluation non destructive des pièces Transfert des technologies d'extrusion utilisant des alliages spécifiques		
5	Développement du procédé SHLP (Sand Hybrid Low Pressure) pour production de blocs moteurs Technologies de moulage des roues en aluminium pour camions Conducteur haute température pour les lignes de transmission d'électricité Systèmes efficaces de livraison de projet (construction modulaire) Joints mécaniques d'assemblage pour assembler des éléments structuraux Métallurgie des poudres Base de données sur la composition des alliages selon la forme Technolgie d'hydro-formage		
6		Revêtements à base d'aluminium Simulation de procédés (laminage, extrusion, moulage, forgeage)	
7	Nouvelles techniques de moulage/forgeage (squeeze casting) Technologies de solidification rapide de pièces moulées	Techniques de soudage/collage novatrices Technologies de formation semi-solide (SSF-feedstock preparation)	
8	Technologies de moulage à l'état semi-solide Simulation numérique du remplissage et solidification des moules Technologies d'implantation ionique (ou PVD) pour le traitement des surfaces	Nouvelles techniques de moulage/forgeage Technologies connexes pour fabriquer des châssis de véhicules) Construction des ponts (et rénovation de tabliers de ponts) en utilisant l'aluminium	
9	Outils de modélisation améliorée pour le design de filière (die design)		

Projet 18	Technologies d'implantation ionique (ou PVD) pour le traitement des surfaces	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Réalisation de traitements de durcissement de la surface pour des pièces nécessitant de fortes propriétés de résistance à l'usure. Deux approches sont possibles: l'implantation d'ions ou dépôts par PVD.

Importance:

- Ces traitements de surface permettraient de faire de nouvelles utilisations de l'aluminium. Comme la profondeur de pénétration est de plus de trente microns, les rendements obtenus sont importants, ce qui permet d'augmenter sensiblement la vie utile des outils et des équipements.

Défis:

- Les technologies ne sont pas encore bien connues. Il peut y avoir de la résistance au changement. De plus, les normes d'utilisation et de fabrication sont présentement insuffisantes. Plus de recherche doit donc être consacrée afin de documenter le sujet.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★	★		★	★★	★	★★	

Projet 19	Revêtements à base d'aluminium	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Il s'agit d'un traitement de surface pour la protection contre la corrosion.

Importance:

- Un revêtement d'aluminium permet la réduction de l'usure, augmente la résistance à l'impact et à l'abrasion et offre une meilleure apparence.

Défis:

- Certains procédés existent déjà, notamment, le procédé Alumiplate (USA) par électro-déposition et le procédé IVAdizing (Bombardier-Canadair) par PVD pour le remplacement du cadmium. Il s'agit d'améliorer ces méthodes existantes.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★			★	★★★		★	

Projet 20	**Base de données sur la composition des alliages selon la forme**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- Créer une base de données sur la composition des alliages (selon la forme). Fournir les caractéristiques des alliages (propriétés structurelles, performances, etc.) disponibles sur le marché et fournir des tables de propriétés selon les formes possibles.

Importance:

- Permettrait de stimuler l'utilisation de l'aluminium dans l'industrie. Compte tenu de la jeune histoire de l'aluminium, les alliages ne sont pas aussi bien documentés que dans l'industrie de l'acier. Cette base de données fait partie intégrante des efforts de promotion de l'industrie de l'aluminium. Il s'agit de la promotion par l'éducation.

Défis:

- Regrouper à bas coûts toute l'information existante afin de la rendre disponible aux ingénieurs/concepteurs de produits d'aluminium. Le défi consiste également à réduire le nombre d'alliages disponibles (dans le secteur du transport) afin de faciliter la collecte d'information (et réduire le coût de gestion des inventaires).

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★				★★★	★★★	★★★	

Projet 21	**Simulation numérique du remplissage des moules et de la solidification (pour identifier les contraintes thermiques résiduelles)**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- Pouvoir simuler numériquement le remplissage et la solidification de l'aluminium liquide dans les moules. Permet d'identifier l'état des contraintes tout au long du cycle de production d'une pièce.

Importance:

- Pouvoir simuler numériquement le remplissage et la solidification de l'aluminium liquide dans les moules. Permet d'identifier l'état des contraintes tout au long du cycle de production d'une pièce.

Défis:

- Le processus pourrait être accéléré si les fonderies partageaient les bases de données spécifiques sous-jacentes existantes.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★				★★★	★★★	★	

Projet 22	**Simulation de procédés (laminage, extrusion, moulage, forgeage)**	**Échéance de réalisation :** 3-10 ans

Description :

- Greffer des bases de connaissances (propriétés des alliages, performances, caractéristiques en service) aux systèmes de conception existants (CAD) afin de concevoir des pièces déjà prêtes à la production (DFM – Design for Manufacturability).

Importance:

- Permet de réduire les erreurs dès la conception et aide grandement à réduire les coûts énormes reliés aux processus itératifs de design. Réduit le temps entre la conception et la production. Il n'y a pas encore de logiciel qui permet d'optimiser des procédés de fabrication (design et contrôle optimal de procédés) et permet de prédire la microstructure des matériaux et donc les propriétés mécaniques finales des pièces produites. Cette modélisation permettrait de concevoir le procédé de façon optimale et assurer des coûts minimaux de mise en production et tout en permettant une production toujours en condition optimale d'opération.

Défis:

- Modifier les outils existants déjà pour la conception avec de l'acier. Modifier et compléter les modèles de simulation existants avec des particularités de l'aluminium. Avoir des modèles de simulation plus globaux, simulant plus de paramètres (large éventail de descripteurs de matériaux).

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★				★★★	★★★	★★	

Projet 23	**Outils de modélisation améliorée pour le design de filière (die design)**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- Outils de simulation aidant la conception de filière.

Importance:

- Les méthodes actuelles sont fortement dépendantes d'essais et d'erreurs. Avec de meilleurs outils, il est possible de réduire les coûts et de permettre un meilleur partage des connaissances entre les concepteurs moins expérimentés.

Défis:

- Accumuler et formaliser les connaissances tacites des concepteurs expérimentés de filière. Connaissances difficiles à codifier car parfois subjectives et empiriques.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★				★★★	★★★	★	

Projet 24	Techniques améliorées d'évaluation non destructive des pièces (automatisation)	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Actuellement, les pièces d'aluminium sont généralement inspectées à l'aide de rayon X ou trempées dans du liquide pénétrant permettant de déceler les fissures. Ces techniques requièrent des opérateurs pour interpréter les résultats et par conséquent sont coûteux. D'autres techniques pourraient être envisagées.

Importance:

- Une fissure dans une composante structurale peut avoir des inconvénients désastreux. De nouvelles techniques pourraient permettre d'augmenter la fiabilité des diagnostics posés et réduire les coûts par l'élimination de l'intervention humaine.

Défis:

- L'acceptation du client ; l'automatisation peut poser des enjeux de responsabilisation.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★	★	★	★★	★★★		★	

Projet 25	Métallurgie des poudres	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Les pièces en acier produites par métallurgie des poudres sont très répandues, mais non celles en aluminium à cause de la difficulté à fritter la poudre d'aluminium due à la présence d'une couche d'oxyde. Une technologie permettant de fritter les pièces en poudre d'aluminium pourrait ouvrir un marché important à l'aluminium.

Importance:

- Permet de produire à coût abordable de petites pièces en grande série. La métallurgie des poudres est très adaptée à la fabrication de petites pièces produites en grande série de façon à amortir le coût élevé des matrices et des moules. Ce genre de pièces est très répandu dans l'industrie automobile.

Défis:

- Les obstacles sont surtout technologiques. Les liants et lubrifiants utilisés peuvent être une source de pollution. La manipulation de grande quantité de poudre d'aluminium est délicate car ce produit est inflammable.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★		★		★★	

Projet 26	Fabrication des pièces moulées en aluminium pour l'industrie du transport	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Selon les prévisions des experts, les pièces moulées en aluminium connaîtront une forte croissance dans les secteurs du transport au cours de la prochaine décennie. Il sera essentiel de cibler les secteurs où l'aluminium est moins présent et en croissance. Dans ce centre, il ne s'agit pas de faire la conception de ces pièces mais bien de trouver des procédés capables de fabriquer les pièces de façon concurrentielle.

Importance:

- L'aluminium devient de plus en plus un substitut des métaux lourds tels la fonte et l'acier afin de réduire le poids des véhicules de transport et ainsi diminuer la consommation d'essence et la pollution atmosphérique. De nouvelles lois environnementales et énergétiques ainsi que la formation de la main-d'œuvre s'appliqueront au fur et à mesure que l'industrie s'adaptera aux nouveaux besoins du marché.

Défis:

- La capacité d'intégrer et coordonner les recherches futures selon des objectifs clairs et précis. Au Canada, comme ailleurs dans le monde, la recherche est fortement fragmentée et la coordination des efforts est plutôt limitée.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★	★	★		★★★	★★★	★★★	

Projet 27	Technologies de moulage des roues en aluminium pour camions (assurer le transfert technologique)	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- La technologie existe déjà. Toutefois, il est nécessaire d'en assurer le transfert au Canada et d'optimiser le processus de production pour assurer une fabrication concurrentielle sur la scène nord-américaine.

Importance:

- L'industrie du camionnage doit rester compétitive tout en respectant les lois environnementales et énergétiques. Comme pour les autos, la réduction de poids des véhicules lourds devient essentielle. L'adoption des technologies de production aux besoins du marché sera un élément important.

Défis:

- Produire des roues de camions à des coûts concurrentiels. Trouver la main-d'œuvre qualifiée permettant la production grand volume au Canada.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
	★★	★★★	★★		★★	★★★	

Projet 28	**Développement du procédé SHLP (Sand Hybrid Low Pressure) pour la production de bloc moteur**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- En concurrence avec le procédé Ford Cosworth (déjà bien implanté), il s'agit de développer pour la production à moyenne et grande série le procédé SHLP pour la fabrication de bloc moteur. Ce procédé est maintenant en développement pour la fabrication du prototype pour un moteur V8 6.8L.

Importance:

- Permet de réduire le poids du bloc moteur de manière considérable. De plus, il existe peu de procédés performants dans l'industrie pour la fabrication en grande série de blocs moteurs.

Défis:

- Assurer un rapport qualité/prix concurrentiel dans l'industrie.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★	★★	★★★	★	★	★	★	

Projet 29	**Nouvelles techniques de moulage/forgeage**	**Échéance de réalisation :** 3-10 ans

Description :

- Ces techniques combinent le moulage d'aluminium sous une forme intermédiaire suivi du forgeage (ou autres techniques complémentaires) pour amener la pièce sous sa forme finale.

Importance:

- Le développement de ces techniques permettrait d'augmenter la consommation d'aluminium pour des applications nécessitant des propriétés mécaniques particulières que les méthodes actuelles ne peuvent rencontrer (de manière économique).

Défis:

- Maintenir un coût de production concurrentiel. Les nouvelles techniques doivent être innovatrices car beaucoup d'entre elles sont déjà brevetées.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★		★★★	★	★	

Projet 30	Technologies de solidification rapide de pièces moulées	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Technologie permettant d'obtenir des pièces de géométrie finale et de propriétés améliorées, grâce à un processus de solidification rapide.

Importance:

- Les procédés usuels de coulée (gravité, basse et haute pression) produisent des pièces dont la résistance mécanique est relativement faible, à un taux de production limité par la vitesse de solidification. En augmentant la vitesse de solidification, on augmente la cadence de production et réduit les coûts de production.

Défis:

- La production de pièces doit se faire à un taux surpassant celui des techniques actuelles (coulée sous basse et haute pression) tout en permettant d'obtenir des pièces aux propriétés mécaniques supérieures ne requérant qu'un minimum de finition subséquente (machinage, etc.). Le marché aussi peut s'orienter vers d'autres technologies dont le rapport coût/bénéfice correspond mieux aux exigences.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★		★				★★★	

Projet 31	Nouvelles techniques de moulage/forgeage (squeeze casting)	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Cette technologie s'adapte sur une machine de moulage à haute pression, ce qui permet l'injection d'aluminium dans une matrice et l'application d'un cycle de forgeage contrôlé à la fin de l'opération moulage d'une pièce.

Importance:

- Production de pièces avec moins de porosité et pouvant subir des traitements thermiques pour améliorer les propriétés mécaniques et physiques. Cette technologie pourrait être utile afin de fabriquer des pièces de suspension automobile en aluminium pouvant remplacer les pièces forgées en acier.

Défis:

- Du point de vue des coûts, cette technologie devra être en mesure de concurrencer les pièces forgées en aluminium.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★		★		★★	★	★★	

Projet 32	Technologie de moulage à l'état semi-solide	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Cette technologie est dérivée du moulage sous pression (die casting), mais remplace l'alliage en fusion (liquide) par des billettes réchauffées à l'état semi-solide (juste sous la température de fusion). Ces billettes ont été auparavant coulées par une méthode impliquant un brassage vigoureux durant la solidification afin d'obtenir une structure globulaire conférant une résistance très faible au matériau à l'état semi-solide.

Importance:

- Cette technologie diminue les coûts et améliore la résistance des pièces coulées. Les pièces produites par cette technologie sont moulées à une température plus basse ce qui diminue les coûts en énergie, réduit la détérioration des moules et diminue le phénomène de retrait responsable de la formation de cavités dans les pièces coulées.

Défis:

- Les défis sont surtout technico-économiques. Le coût d'acquisition d'une installation est plus élevé que pour le «die casting» conventionnel.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★★		★★	★	★	

Projet 33	Technologie de moulage à l'état semi-solide (SSF – feedstock preparation)	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Le métal à l'état semi-solide est injecté sous haute pression dans des moules en acier pour produire des pièces moulées.

Importance:

- Il s'agit d'une technologie émergente permettant d'offrir de nombreux avantages propres au moulage sous pression avec des propriétés mécaniques améliorées. Cette technologie permet des gains de productivité, des gains énergétiques et une amélioration de la qualité (moins de porosité dans les pièces).

Défis:

- Le défi est économique. Il existe aussi des brevets sur certaines techniques.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★		★★★	★	★★★	

Projet 34	Développement et diffusion des normes et des connaissances	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Favoriser le développement de normes et de connaissances faisant la promotion de l'industrie tout entière.

Importance:

- L'industrie de l'acier peut compter sur l'Institut canadien de l'acier pour faire la promotion de l'acier et développer des normes à l'échelle canadienne. L'industrie canadienne de l'aluminium attend encore des démarches similaires. En instiguant la création de normes de design, cela stimulerait l'utilisation de l'aluminium. Il est connu depuis longtemps que le manque de connaissance est un obstacle majeur à la diffusion de l'aluminium dans tous les secteurs de troisième transformation.

Défis:

- Les défis ne sont pas technologiques. Le défi consiste à réunir tous les intervenants-clés de l'industrie autour d'une vision globale commune visant l'amélioration de l'industrie canadienne de l'aluminium tout entière.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★				★★	★★★	★★★	

Projet 35	Stratégie et outils pour faire connaître l'aluminium et ses caractéristiques	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Développer une stratégie et des outils (Internet, répertoires de fabricants, banques de données, manuels) pour faire connaître l'aluminium et ses caractéristiques.

Importance:

- Une des principales raisons pour laquelle l'aluminium n'est pas plus présent dans notre société est le manque d'information sur ses propriétés/caractéristiques et ses applications. Internet est un outil essentiel afin de faire connaître l'aluminium à un grand nombre de personne à faible coût.

Défis:

- Rassembler les connaissances disponibles et les présenter d'une manière cohérente et intuitive pour tous concepteurs ayant besoin d'information sur l'aluminium.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★				★★★	★★★	★★★	

Projet 36	Normes de calcul (utilisation de l'aluminium)	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Développer des normes de calcul dans divers secteurs (ex : mécaniques, bâtiments, ponts, tour de transmission).

Importance :

- Permet de diffuser et d'homogénéiser les meilleures pratiques de calcul au pays.

Défis:

- Regrouper les joueurs clés et s'entendre sur des normes reconnues par tous.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★				★★★	★★★		

Projet 37	**Manuel et logiciel de calcul adaptés au design de l'aluminium**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- Un manuel présentant la théorie, les dispositions des normes et des exemples de calcul pour chacun des éléments d'une structure. Un cours de formation continue et un logiciel d'analyse et de dimensionnement adapté à l'aluminium.

Importance:

- Les structures d'aluminium ne seront jamais considérées comme une alternative viable au Canada si l'ingénieur ne dispose pas d'un minimum d'outils pour l'assister dans ses calculs et si aucune université n'enseigne le calcul des charpentes d'aluminium, comme c'est le cas présentement.

Défis:

- Recueillir les connaissances disponibles à travers le monde.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★				★★★	★★★	★★★	

Projet 38	**Conducteur haute-température pour les lignes de transmission d'électricité**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- Trouver un alliage d'aluminium capable de supporter les températures élevées en continu.

Importance :

- Les lignes de transmission pourraient supporter un courant plus élevé si les conducteurs pouvaient fonctionner à plus haute température.

Défis:

- Le défi est technologique (recherche).

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★				★	★	★	★★

Projet 39	**Modèle économique pour évaluer les coûts du cycle de vie d'un ouvrage/projet (Life Cycle Cost Model)**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- Démontrer la compétitivité de l'aluminium versus l'acier et le bois. Évaluer non seulement le coût de construction d'un ouvrage, mais y inclure l'entretien, le recyclage, etc.

Importance:

- Si on estime les coûts globaux d'un ouvrage, l'aluminium est souvent gagnant face à l'acier. Toutefois, il n'est pas pratique courante de tenir compte des coûts globaux ; on ne considère souvent que les coûts initiaux de construction du projet. Le modèle de coût proposé permettrait de promouvoir l'aluminium sur le marché.

Défis:

- Bâtir des modèles de coûts prenant en compte toutes les variables essentielles.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★			★	★★	★★	★	

Projet 40	Systèmes efficaces de livraison de projet (construction modulaire)	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Identifier des opportunités pour la construction de modules génériques construits sur place et expédiés par la suite.

Importance :

- Ce système favorise le développement de la construction modulaire, réduit les coûts d'approvisionnement et de construction, favorise une livraison plus rapide et réduit les délais de production.

Défis:

- Partager les connaissances entre les intervenants connaissant ces techniques de construction modulaire. Ces connaissances sont parfois spécifiques et confidentielles dans bon nombre d'entreprises.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★		★	★	★★	★	★★	

Projet 41	Joints mécaniques d'assemblage (field connections) pour assembler des éléments structuraux	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- Développer des joints mécaniques d'assemblage entre des structures d'aluminium et des structures faites de bois ou de plastique. Utiliser également des adhésifs innovateurs.

Importance:

- L'assemblage peut être fait sur le site directement. Cette méthode réduit les coûts et permet de livrer des structures plus compactes.

Défis:

- Le défi est technologique.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★		★	★	★★	★	★	

Projet 42	Construction des ponts (et rénovation des tabliers de pont) en utilisant l'aluminium	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Proposer des designs utilisant l'aluminium pour la construction et la rénovation de ponts. Toutes les structures nécessitant la légèreté (tablier, pilier) devront être étudiées.

Importance :

- À résistance égale, une diminution du poids de la structure permet d'augmenter la charge utile que le pont peut supporter. De plus, si l'on envisage les coûts globaux, la solution aluminium (versus acier) est moins coûteuse.

Défis:

- Étudier les brevets existants et proposer des solutions innovatrices. La Suède et les États-Unis ont déjà des brevets sur certaines techniques.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★				★★★	★	★★	

Projet 43	**Transfert des technologies d'extrusion utilisant des alliages spécifiques (à des coûts compétitifs)**	**Échéance de réalisation :** 0-3 ans

Description :

- L'industrie canadienne importe des profilés d'alliages variés non disponibles localement. Les extrudeurs canadiens sont limités à 2 ou 3 alliages courants et n'ont pas développé la technologie pour d'autres alliages spécifiques (séries 2000, 5000, 7000) utilisés dans l'aéronautique, l'avionnerie, l'équipement sportif, le militaire, le transport. Ce projet consiste donc à transférer les technologies d'extrusion pour s'assurer d'un approvisionnement de profilés divers en alliages spécifiques.

Importance:

- Présentement les utilisateurs ont abandonné leurs recherches ou leurs pressions auprès des extrudeurs canadiens. De plus, certains produits fabriqués ici se limitent au bas de la gamme, faute de profilés performants et adaptés. La production canadienne permettrait de desservir le marché canadien.

Défis:

- Il sera nécessaire d'acquérir la technologie d'européens tels Péchiney ou Alu Suisse, ou encore d'Italiens. L'approvisionnement en billettes d'alliage peut causer un problème. Il est possible que l'extrudeur doive intégrer l'opération de coulée de billettes.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★					★★★	★	

Projet 44	**Amélioration de la gamme de produits structuraux disponibles (extrusion, plaque) sur le marché canadien**	**Échéance de réalisation :** 10+ ans

Description :

- Plusieurs éléments structuraux sont offerts. Cependant, les profilés et plaques sont peu disponibles au Canada.

Importance :

- Si on compare l'industrie de l'aluminium à celle de l'acier, la disponibilité de l'aluminium est beaucoup plus difficile. Évidemment, une aluminerie ne peut tout produire. Cependant, il devrait avoir une spécialisation de ces derniers.

Défis:

- Les technologies de production existent pour la production des profilés et plaques. Il s'agit d'attirer des entreprises à venir s'installer au Canada. Compte tenu du fait que le marché canadien est plus petit, l'enjeu est économique.

Impacts sur les besoins de marché

Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★		★			★	★★	

Projet 45	Technologies connexes pour fabriquer des châssis de véhicules	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- Intégrer des technologies connexes d'extrusion, de l'emboutissage, du moulage, de la soudure, d'hydro-formage (et autres méthodes de formage), d'estampage, du collage pour fabriquer des châssis de véhicules. De plus, des recherches supplémentaires seraient essentielles sur l'emboutissage de tôles minces d'aluminium permettant ainsi de déplacer les tôles d'acier dans les châssis d'automobiles. Les alliages d'aluminium produits pour les tôles d'aluminium embouties sont très malléables et peuvent être mis en forme avec les machines déjà en place. Il faut pouvoir adapter les épaisseurs des tôles et les conceptions de pièces pour compléter l'adaptation à l'aluminium.

Importance:

- Aujourd'hui, beaucoup de technologies sont disponibles. Cependant, peu d'efforts ont été investis afin d'intégrer les technologies existantes d'extrusion, d'emboutissage, de moulage, de soudure et de collage afin de fabriquer des châssis d'automobile en aluminium de manière économique et concurrentielle.

Défis:

- Capacité de réunir et maîtriser un groupe complexe de compétences-clés afin de pouvoir assurer la production concurrentielle de châssis.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★★	★	★★★	★★	★★★	★★★	★★★	★

Projet 46	Techniques de soudage/collage novatrices	Échéance de réalisation : 3-10 ans

Description :

- L'utilisation de tôles embouties, assemblées à des extrusions et des pièces moulées nécessite des techniques de soudage novatrices. Une autre technique d'assemblage pouvant se combiner au soudage serait le collage à haute résistance de ces pièces entre elles.

Importance :

- Cette technique est complémentaire à celle de l'emboutissage et de l'assemblage des châssis de véhicules. Les normes à rencontrer et la fiabilité du procédé sont essentielles au succès de l'assemblage des châssis.

Défis:

- L'automatisation de ces techniques pour rendre le procédé le plus économique possible constitue le principal défi. De plus, il faut s'assurer que les techniques mises en œuvre sont économiques et rencontrent les normes environnementales (surtout dans la préparation du métal avant soudage). Dans le cas d'un châssis, reproduire le cycle complet de soudage dans un environnement hors usine risque d'être coûteux.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★	★		★	★★	★	★	

Projet 47	Technologie d'hydro-formage	Échéance de réalisation : 0-3 ans

Description :

- L'hydro-formage consiste à injecter un fluide (eau ou huile) dans un tube ou une pièce extrudée (sous haute pression hydraulique) pour lui donner une forme particulière.

Importance:

- Cette technologie est particulièrement utile pour créer de longues pièces ayant beaucoup de changement de sections. Cette application est utilisée notamment dans le secteur de l'automobile pour créer des châssis, des pare-chocs et des sièges.

Défis:

- Les technologies actuelles ne sont pas adéquates pour la production à grand volume. Comme le temps de cycle est assez long pour l'hydro-formage, les coûts de production restent passablement élevés.

Impacts sur les besoins de marché							
Réduire les coûts	Respecter les règlements	Diminuer la consommation énergétique	Respecter l'environnement	Augmenter la qualité	Diffuser les connaissances	Développer les marchés	Développer des matériaux
★★	★	★	★	★★★	★	★★	

OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS

Le Canada bénéficie d'infrastructures sociales, économiques et technologiques exceptionnelles permettant à ses entreprises de faire face à la concurrence sur la scène mondiale. Et il faut mentionner que certaines de ces entreprises font figure de modèles à l'échelle internationale.

À l'heure actuelle, le grand défi que doit relever l'industrie canadienne de l'aluminium consiste donc à demeurer parmi les premiers dans la course que se font les pays producteurs et transformateurs d'aluminium.

C'est avec ces enjeux à l'esprit que les experts consultés ont soumis leurs recommandations, tout en prenant en compte des réalités sociales et environnementales qui dépassent largement le domaine technique et technologique. En fait, pour rester concurrentielles, les entreprises canadiennes doivent se munir d'un écosystème et de conditions structurelles susceptibles de favoriser les avancées technologiques autant que le développement rapide et durable.

Par souci d'efficacité, les défis technologiques dont il est question dans cette première édition de la Carte routière technologique de l'industrie canadienne de l'aluminium devront faire l'objet d'une approche holistique à long terme bien définie. Pour que les projets retenus rencontrent les attentes de l'industrie, les intervenants consultés ont insisté sur l'importance d'avoir un organisme qui aura pour mandat d'en faire la coordination et de voir à ce qu'ils s'articulent autour d'une vision d'ensemble éclairée.

RECOMMANDATIONS

Pour maximiser l'impact sur l'industrie canadienne de l'aluminium de la Carte routière technologique, les experts qui ont travaillé à son élaboration ont formulé huit grandes recommandations dont il faudra tenir compte, si l'on veut atteindre les objectifs de consolidation et d'expansion de marché :

1. Créer un Institut canadien en recherche et développement de l'aluminium;
2. Assurer le suivi de la Carte routière technologique sur une base annuelle;
3. Coordonner les activités de recherche et développement;
4. Encourager le développement d'équipements pour le secteur de la production d'aluminium et le développement de logiciels pour tous les secteurs de l'industrie;
5. Favoriser le développement de la transformation de l'aluminium;
6. Renforcer les liens entre l'industrie, les universités et les centres de recherche;
7. Créer des programmes d'enseignement et de formation spécialisés sur l'aluminium;
8. Réaliser et diffuser des études de marché sur les divers secteurs de transformation.

RECOMMANDATION 1

Créer un institut canadien en recherche et développement de l'aluminium

L'industrie canadienne de l'aluminium fait face à de nombreux défis importants pour assurer sa croissance. Plus particulièrement, l'industrie doit trouver des moyens de réduire ses coûts de production, diffuser les connaissances et développer de nouveaux marchés. De plus, l'industrie doit accroître significativement ses investissements en RD.

Nous sommes d'avis que la création d'un Institut canadien de l'aluminium pourrait mettre de l'avant et réaliser des projets en recherche et développement, faire la promotion de l'industrie, et assurer le lien entre les divers intervenants du domaine de l'aluminium.

L'un des rôles les plus importants de l'Institut consistera à réaliser les projets de RD de la CRT, soit en agissant comme maître d'œuvre de la recherche, soit en travaillant en partenariat avec d'autres organisations.

L'Institut verrait également à l'élaboration des normes d'utilisation de l'aluminium (mécanique, bâtiment, structures, tours de transmission, transport, etc.). Adoptées par voie de consensus, ces normes permettraient à tous les acteurs de l'industrie de travailler de concert tout en partageant des renseignements précieux.

Les membres de l'Institut, en plus de faire la promotion de l'aluminium et de ses propriétés, auraient pour mission de renseigner les ingénieurs, techniciens, apprentis, concepteurs, architectes, designers industriels, chercheurs et autres décideurs sur les normes à respecter au sein de l'industrie.

L'Institut canadien de l'aluminium, en plus de diffuser du matériel pédagogique, jouerait ainsi un rôle normalisateur semblable à celui de l'Institut canadien de l'acier.

RECOMMANDATION 2

Assurer le suivi de la Carte routière technologique sur une base annuelle

Comme la Carte routière technologique sur l'industrie canadienne de l'aluminium se veut un outil itératif, il faudra (pour un maximum d'efficacité et de crédibilité (la mettre à jour annuellement pour tenir compte des dernières percées en science et technologie. En assurant le suivi annuel de la CRT, les intervenants de l'industrie pourront s'en servir pour évaluer les progrès obtenus et s'enquérir des derniers avancements technologiques.

Ce processus de veille viendra en outre bonifier la première édition de la CRT en y ajoutant des renseignements de pointe et des technologies supplémentaires, le cas échéant. Nous recommandons que soient mis en place des mécanismes permettant aux partenaires, entreprises, instituts, universités et associations à travers le Canada de s'exprimer sur les priorités technologiques de la CRT.

Idéalement, l'industrie adoptera des moyens concrets afin de s'assurer que les entreprises exploitent judicieusement et systématiquement les données et renseignements contenus dans la CRT sur l'aluminium. Le suivi de la CRT devra être assuré par l'institut proposé à la première recommandation, lequel devra veiller à la réalisation des projets soumis dans la CRT. Sur une base intérimaire, le Réseau Trans-Al inc. pourra faire le suivi de la CRT.

RECOMMANDATION 3

Coordonner les activités de recherche et développement de l'industrie

Au Canada comme ailleurs dans le monde, les activités de recherche et développement en aluminium sont très fragmentées et gagneraient à être mieux coordonnées. Un nombre trop restreint de recherches sont présentement en cours et il appert que peu d'institutions et d'individus sont informés des projets amorcés à travers le pays. Il résulte de ce manque d'information que certaines activités de recherche sont dupliquées, alors que d'autres programmes auraient avantage à bénéficier de synergie additionnelle.

Pour combler ces lacunes, l'industrie doit encourager l'implantation de nouveaux centres d'excellence. De tels réseaux, en collaboration étroite avec le gouvernement, constitueraient un cadre idéal pour les interactions industrie/ instituts/universités. Virtuels ou non, ces centres d'excellence s'occuperaient de la coordination des nouveaux programmes de recherche tout en veillant à leur complémentarité avec les programmes existants (et à venir), ce qui permettrait d'éviter toute redondance et gaspillage inutile dans les efforts de recherche.

RECOMMANDATION 4

Encourager le développement d'équipements pour le secteur de la production d'aluminium et le développement de logiciels pour tous les secteurs de l'aluminium

Nombres d'experts ont exprimé la volonté de développer le secteur des équipementiers relié à l'industrie de la production de l'aluminium. Le Canada possède déjà une grande expertise en matière d'équipements. Cependant, il existe un fort potentiel de développement encore inexploité et les équipementiers canadiens gagneraient à développer des équipements exportables sur les marchés internationaux en croissance.

D'autre part, la simulation et l'automatisation sont des phénomènes qui touchent toutes les industries désireuses d'augmenter la qualité de leurs produits, de réduire leurs coûts et d'accroître leur efficacité. L'aluminium n'échappe pas à cette tendance. Comme la création de logiciels performants exige des compétences clés très spécifiques, il est clair que l'industrie devra favoriser l'émergence de fournisseurs de logiciels de calibre international.

RECOMMANDATION 5

Favoriser le développement de la transformation de l'aluminium

Tel qu'exposé précédemment, le Canada, qui exporte son aluminium aux États-Unis et rachète des produits semi-finis sous la forme d'extrusion, de plaques, de pièces moulées, etc., a une balance commerciale négative en ce qui concerne la transformation de l'aluminium.

Par exemple, dans les secteurs de la construction, il est difficile, voire impossible, de s'approvisionner au Canada en certains types d'alliages/formes. Les entreprises concernées se voient forcées d'acheter les produits semi-finis moulés, laminés et extrudés sur les marchés internationaux.

Bien sûr, toute décision d'investissement en ce sens doit être minutieusement analysée, tant sur le plan financier que sur celui des marchés, mais nos experts s'entendent pour dire qu'il faudrait encourager les secteurs de transformation primaire de l'aluminium sur la scène canadienne.

Nous devons multiplier les efforts afin de développer un secteur de transformation primaire vigoureux, capable d'absorber une plus grande partie de la production canadienne d'aluminium, et de créer des conditions favorables à la transformation primaire de produits semi-finis à forte valeur ajoutée.

L'addition de nouvelles entreprises de première transformation pourrait favoriser le développement du secteur de seconde transformation puisqu'elles auront un accès à un meilleur réseau de fournisseurs fiables au Canada.

RECOMMANDATION 6

Renforcer les liens entre l'industrie, les universités et les centres de recherche

Pour s'assurer que les programmes en cours atteignent leurs objectifs le plus rapidement et le plus efficacement possible, les représentants de l'industrie doivent participer activement, avec les universités et les centres de recherche, aux débats sur les priorités de recherche.

L'élaboration de cette première édition de la Carte routière technologique de l'industrie canadienne de l'aluminium a démontré que cette collaboration est possible et essentielle. Les experts ont tous exprimé le besoin de poursuivre dans cette veine et de renforcer les liens existants entre les intervenants, pour que l'industrie puisse bénéficier d'expertises complémentaires et d'une plus grande synergie.

RECOMMANDATION 7

Créer des programmes d'enseignement et de formation spécialisés sur l'aluminium

Instituts de recherche, universités, collèges, écoles de métiers et entreprises du secteur privé doivent travailler de concert afin d'offrir aux jeunes ingénieurs, concepteurs, techniciens et apprentis des connaissances de fine pointe en matière de design et d'applications de l'aluminium.

Encore aujourd'hui, ces spécialistes ne pensent pas automatiquement à l'aluminium lorsqu'ils conçoivent une nouvelle application. Tant qu'ils ignoreront les nombreux avantages que l'aluminium peut leur offrir, ils continueront de se tourner vers l'acier et les autres matériaux qu'ils connaissent mieux et qui sont mieux établis dans le marché. C'est la raison pour laquelle il est urgent de créer de nouveaux programmes de formation et de faire la promotion de l'aluminium dans nos institutions.

L'industrie canadienne pourrait fort bien s'inspirer des programmes de formation conçus en Europe, où traditionnellement, les universités et les écoles de métiers offrent des programmes spécialisés pour répondre à des besoins de main-d'œuvre et de savoir très pointus. En France par exemple, on trouve des ingénieurs spécialisés en conception et design de moule. Au Canada, ce genre de programme de formation est encore inexistant. Il y a donc beaucoup à faire pour pallier ces lacunes.

RECOMMANDATION 8

Réaliser et diffuser des études de marché sur les divers secteurs de transformation

Les marchés évoluent rapidement. Aussi est-il essentiel, pour assurer leur compétitivité, que toutes les entreprises canadiennes puissent compter sur des informations à la fine pointe des récentes tendances de marché.

Pour bien cerner tous les enjeux à l'échelle mondiale, l'industrie - en collaboration avec le gouvernement et divers cabinets conseils - aurait intérêt à recueillir et à partager l'information sur les marchés en forte croissance. En regard de la production d'aluminium et la transformation primaire et secondaire de l'aluminium, il serait avantageux de réaliser ou de mettre à jour plusieurs études de marché pour ensuite les communiquer aux instituts, groupes de recherche, universités, gouvernements, associations et entreprises privées d'un bout à l'autre du Canada.

Pour l'implantation de ces diverses recommandations, il va sans dire que l'Institut devra jouer un rôle de catalyseur et de rassembleur en regroupant les divers instruments de l'industrie, des universités et des centres de recherche. Son rôle sera également essentiel en regard du suivi de la Carte routière technologique et de sa promotion.

CONCLUSION

Le premier objectif de cette Carte routière technologique de l'industrie canadienne de l'aluminium était d'amorcer la discussion et de susciter des échanges constructifs entre les membres de l'industrie et leurs nombreux partenaires : équipementiers, organismes de recherche, associations, universités et gouvernements.

La publication de ce document n'est pas une fin en soi, mais bien le début d'un long processus de collaboration à tous les paliers et de mise en lumière de projets technologiques visant à rendre l'industrie canadienne de l'aluminium encore plus concurrentielle sur les marchés internationaux.

Au cours des prochaines années, la CRT servira à conscientiser les divers intervenants en ce qui a trait aux questions cruciales pour l'avenir de l'industrie canadienne de l'aluminium, aux besoins de marché et aux défis technologiques sous-jacents qu'il faut sans cesse relever.

La consultation auprès d'experts a permis de mettre en lumière huit besoins de marché, dont les trois principaux sont : la réduction des coûts et l'augmentation de la productivité ; le développement et la diffusion des connaissances ainsi que le développement des marchés. À ce jour, 47 projets technologiques ont été retenus et analysés en fonction de ces critères et en tenant compte des priorités qui sont d'actualité au Canada.

Mais il faut garder à l'esprit que l'élaboration d'une carte routière technologique est un processus continuel qui exige une mise à jour constante, et que d'autres projets technologiques pourront venir s'y greffer au fur et à mesure de l'évolution du marché.

Une fois publiée et diffusée, cette carte servira d'outil de base pour l'élaboration d'un plan d'action concerté et la poursuite des discussions entre tous les secteurs de l'aluminium à travers le Canada.

L'avenir de l'industrie canadienne de l'aluminium et son rayonnement sur la scène internationale ne dépendent toutefois pas uniquement de ses succès technologiques. D'autres mécanismes globaux et coordonnés doivent être envisagés et mis en place pour assurer la réalisation des bénéfices potentiels de l'innovation technologique. Dans cette optique, ce document qui colle parfaitement à l'industrie canadienne de l'aluminium, puisqu'il a été développé par et pour ses intervenants, pourra servir de canevas de discussion pour d'éventuels projets plus intégrateurs, comme l'implantation d'un Institut canadien de recherche et développement de l'aluminium.

Les activités principales de l'Institut canadien de l'aluminium pourraient être, entre autres, la recherche et le développement, le développement des normes d'utilisation de l'aluminium, la promotion de l'industrie, la diffusion des connaissances et la liaison des divers intervenants dans le domaine de l'aluminium. De plus, l'Institut pourrait s'assurer du suivi de la CRT.

Le processus d'élaboration de la Carte routière technologique a permis de tisser des liens durables et d'enclencher le dialogue à tous les niveaux, et de définir des projets technologiques prometteurs pour l'industrie canadienne de l'aluminium.

ANNEXE A - LISTE DES PROJETS TECHNOLOGIQUES

1. Programme technologique environnemental de traitement des rejets solides, liquides et gazeux
2. Technologies de recyclage de produits à haute teneur en aluminium
3. Systèmes heuristiques avancés de contrôle (création des algorithmes)
4. Modèle dynamique pour le contrôle et l'opération des cuves (modèle du procédé)
5. Capteurs avancés de signaux de cuves (enregistrement des paramètres en continu)
6. Lecteur/analyseur de la qualité du métal en continu
7. Thermocouples et sondes résistants au bain liquide (nouveaux matériaux)
8. Technologies pour abaisser la consommation énergétique des cuves électrolytiques (sans augmenter le coût de production)
9. Technologies d'automatisation permettant le remplacement d'anodes dans la cuve d'électrolyse
10. Modèle unifié pour concevoir (ou modifier) les cuves d'électrolyse
11. Nouveaux matériaux (cathode) pour contenir l'électrolyse et le métal liquide
12. Outils d'analyse technico-économique des projets de recherche et développement en électrolyse et en coulée D.C.
13. Matériaux résistants (ex : bétons réfractaires) à l'aluminium liquide (dans le four de coulée/contenants de transport de l'aluminium en fusion)
14. Modélisation des phénomènes de solidification afin d'améliorer le recouvrement et la qualité lors de la coulée
15. Technologies de coulée verticale pour les lingots et billettes
16. Technologies permettant l'homogénéisation des billettes produites en coulée D.C. (semi-continue à refroidissement direct)
17. Technologies permettant d'améliorer la coulée horizontale continue
18. Technologies d'implantation ionique (ou PVD) pour le traitement des surfaces
19. Revêtements à base d'aluminium
20. Base de données sur la composition des alliages selon la forme
21. Simulation numérique du remplissage des moules et de la solidification (pour identifier les contraintes thermiques résiduelles)
22. Simulation de procédés (laminage, extrusion, moulage, forgeage)
23. Outils de modélisation améliorée pour le design de filière (die design)
24. Techniques améliorées d'évaluation non destructive des pièces (automatisation)
25. Métallurgie des poudres
26. Fabrication de pièces moulées en aluminium pour l'industrie du transport

27. Technologies de moulage des roues en aluminium pour camions
    (assurer le transfert technologique)
28. Développement du procédé SHLP (Sand Hybrid Low Pressure) pour la production de bloc moteur
29. Nouvelles techniques de moulage/forgeage
30. Technologies de solidification rapide de pièces moulées
31. Nouvelles techniques de moulage/forgeage (squeeze casting)
32. Technologie de moulage à l'état semi-solide
33. Technologie de moulage à l'état semi-solide (SSF - feedstock preparation)
34. Création et diffusion de normes et de connaissances
35. Stratégie et outils pour faire connaître l'aluminium et ses caractéristiques
36. Normes de calcul (utilisation de l'aluminium)
37. Manuel et logiciel de calcul adaptés au design de l'aluminium
38. Conducteur haute-température pour les lignes de transmission d'électricité
39. Modèle économique pour évaluer les coûts du cycle de vie d'un ouvrage/projet
    (Life Cycle Cost Model)
40. Systèmes efficaces de livraison de projet (construction modulaire)
41. Joints mécaniques d'assemblage (field connections) pour assembler des éléments structuraux
42. Construction des ponts (et rénovation des tabliers de pont) en utilisant l'aluminium
43. Transfert des technologies d'extrusion utilisant des alliages spécifiques (à des coûts compétitifs)
44. Amélioration de la gamme de produits structuraux disponibles (extrusion, plaque) sur le marché canadien
45. Technologies connexes pour fabriquer des châssis de véhicules
46. Techniques de soudage/collage novatrices
47. Technologie d'hydro-formage

ANNEXE B - CERTAINS PROJETS TECHNOLOGIQUES DÉJÀ EN COURS AU CANADA

Au cours du processus d'élaboration de la Carte routière technologique de l'industrie canadienne de l'aluminium, certains projets technologiques déjà en cours ont été identifiés. Cette liste n'est en aucun cas exhaustive. Elle offre toutefois aux lecteurs un aperçu des récentes recherches canadiennes, selon le secteur de transformation :

Production de l'aluminium

- Développement de technique pour la détection ultrasonique de particules dans l'aluminium en fusion.
- Analyse de la composition métallique par excitation laser.
- Une étude sur les effets des conditions de la surface du moule sur la formation de fissures lors de la coulée semi-continue.
- Modélisation mathématique de divers systèmes de coulée semi-continue pour l'étude de la fissuration à chaud.
- Solidification des alliages d'aluminium et leur résistance à la fissuration à chaud.

Transformation primaire de l'aluminium

Laminage

- Étude des facteurs de malléabilité des tôles d'alliage 5000 et 6000 destinées à l'industrie de l'automobile et des cannettes.
- Développement de techniques de coulée continue à refroidissement direct de tôles minces.

Moulage

- Développement de critères de durabilité pour l'amélioration des composantes des moteurs de la prochaine génération.
- Développement de nouvelles techniques pour le contrôle en temps réel des caractéristiques de la charge de coulée et la prévision des propriétés des pièces moulées.
- Étude et amélioration de la résistance à l'aluminium des bétons et mortiers réfractaires.
- L'ajout de NovaITM pour l'amélioration de la résistance à la corrosion par l'aluminium des mélanges réfractaires.
- Développement et optimisation de techniques pour la production de moulages en métal léger de haute qualité destinés à l'industrie automobile.
- Fabrication de pièces d'aluminium par la métallurgie des poudres.
- Développement de techniques ultrasoniques pour le contrôle du moulage en phase semi-solide.
- La formation des pores dans le moulage de l'aluminium; modélisation mathématique et analyse expérimentale du phénomène de nucléation et d'expansion des pores durant la solidification.
- Évaluation de diverses fonctions mathématiques pour la prédiction de la porosité dans quatre alliages de fonderie courants.
- Étude fondamentale du processus de précipitation lors du traitement thermique des moulages en Al-Si-Mg.

- Caractérisation des conditions de production et de moulage d'alliages composites d'aluminium renforcé de SiC ou de graphite revêtu de nickel (développé par INCO) ; étude des conditions optimales.
- Utilisation de l'alliage 201 dans des moulages destinés à l'aérospatiale (NASA).
- Affinage de la microstructure de l'alliage d'aluminium 356.
- Optimisation du traitement thermique des alliages 319 et 356.2 (ductilité à chaud).
- Optimisation de la production et des propriétés d'alliages composites pour le moulage en phase semi-solide de pièces de véhicules.

Transformation secondaire de l'aluminium

Transport

- Développement de prototypes de produits en composite d'aluminium.
- Moulage en phase semi-solide de pièces d'aluminium ou de magnésium destinées à l'industrie du transport.
- Développement de méthodes d'évaluation de la malléabilité d'ébauches soudées (carrosserie, industrie automobile).
- Optimisation de l'usinage rapide de l'aluminium, particulièrement le perçage et l'ébarbage.
- Conception et construction de machines-outils pour Ford USA.
- Conception et construction de nouvelles machines-outils pour l'usinage rapide de l'aluminium.
- Conception de pièces automobiles flexibles.
- Développement d'un système portatif de vision artificielle pour la mesure des défauts de surface.
- Développement d'un appareil de mesure des forces et des contraintes développées lors de l'estampage.
- Prévention de la corrosion sous contrainte et de ses effets sur l'avion CP 140.
- Détection de petits défauts par l'analyse des ultrasons générés par rayon laser.
- Détection de la corrosion aux joints rivetés des structures aéronautiques par l'analyse des ultrasons générés par rayon laser.

Construction

- Utilisations de l'aluminium dans les ouvrages de génie civil, particulièrement les ponts et les édifices.